



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



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

NÁVRH SÉRIOVÉ VÝROBY PRO SOUČÁST Z AL SLITINY

PROPOSAL FOR SERIAL PRODUCTION OF ALUMINIUM ALLOY PART

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Lubomír JOSEFÍK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Lubomír Josefík

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

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

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

Návrh sériové výroby pro součást z Al slitiny

v anglickém jazyce:

Proposal for Serial Production of Aluminum Alloy Part

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Rozbor součásti.
3. Stávající technologie.
4. Upínací přípravek pro novou verzi technologie.
5. TPV dokumentace pro výrobu upínacího přípravku.
6. Upravená verze technologického postupu pro velkosériovou výrobu.
7. Technicko-ekonomické zhodnocení.
8. Diskuze.
9. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Na základě rozboru stávající technologie sestavit její novou variantu platnou pro přechod na velkosériovou výrobu.

Seznam odborné literatury:

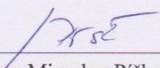
1. PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
2. ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.
3. MICHNA, Štefan et al. Encyklopedie hliníku. 1. vyd. Prešov: Adin, 2005. 700 s. ISBN 80-89041-88-4.
4. FREIBAUER, Martin, Hana VLÁČILOVÁ a Milena VILÍMKOVÁ. Základy práce v CAD systému SolidWorks. 2. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2010. 326 s. ISBN 978-80-251-2504-5.
5. 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.

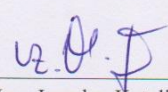
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 21.11.2014




prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu


doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce obsahuje návrh zavedení nového postupu výroby velké série. V práci je navržen nový upínací systém, nástroje, technologické postupy vyráběných dílců a jejich výkresová dokumentace. V poslední řadě je také provedena kalkulace nákladů a z nich vyvozená cena konečné součásti.

Klíčová slova

obrábění, technologie, součást, výroba, nástroj

ABSTRACT

Bachelor thesis contains proposal of new large set manufacturing process. There are suggested new holding system, tools, technological process and drawings in thesis. Finally there is calculation of manufacturing process and afterwards deduced the grand cost of main component.

Key words

machining, technology, component, manufacturing, tool

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JOSEFÍK, L. *Návrh sériové výroby pro součást z Al slitiny*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 40 s., 12 příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh sériové výroby pro součást z Al slitiny vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Lubomír Josefík

PODĚKOVÁNÍ

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

Dále bych chtěl poděkovat Radimu Šuráňovi za pomoc při výběru tématu.

Děkuju také svému otci za užitečné rady z praxe.

V neposlední řadě také přítelkyni za psychickou podporu během studia.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD	9
1 ROZBOR SOUČÁSTI.....	10
1.1 Vyráběná součást	10
1.2 Obráběný materiál.....	11
1.2.1 Označení dural	11
1.3 Výroba dílů jednotlivě	11
2 OBECNÝ POSTUP VÝROBY	12
2.1 Frézování	12
2.2 Frézování drážek.....	13
2.3 Vrtání	13
2.4 Vystružování.....	13
2.5 Řezání vnitřních závitů	14
2.6 Řezné kapaliny.....	14
3 NÁVRH NOVÉHO POSTUPU VÝROBY	15
3.1 Změna výroby.....	15
3.2 Řešení problému	15
3.3 Nástroje.....	16
3.4 Obráběný materiál přípravků	19
3.5 Obrobitelnost slitin hliníku	20
3.6 Stroj.....	20
3.6.1 Traub TVC 200P.....	20
3.6.2 Pásová pila Pegas 280/60.....	21
3.7 Základní výpočtové vztahy pro tvorbu TPV.....	21
3.7.1 Řezné podmínky pro výrobu součástí.....	22
3.7.2 Kontrolní výpočty – 1. přípravek [13]	25
3.7.3 Kontrolní výpočty – 2. přípravek [14, 15]	27
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	30
4.1 Polotovar.....	30
4.2 Cena součásti	32
5 DISKUZE	34

5.1 Cenová diskuze	34
5.2 Zohlednění variant výroby	34
ZÁVĚR	35
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	36
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	37
SEZNAM PŘÍLOH.....	40

ÚVOD

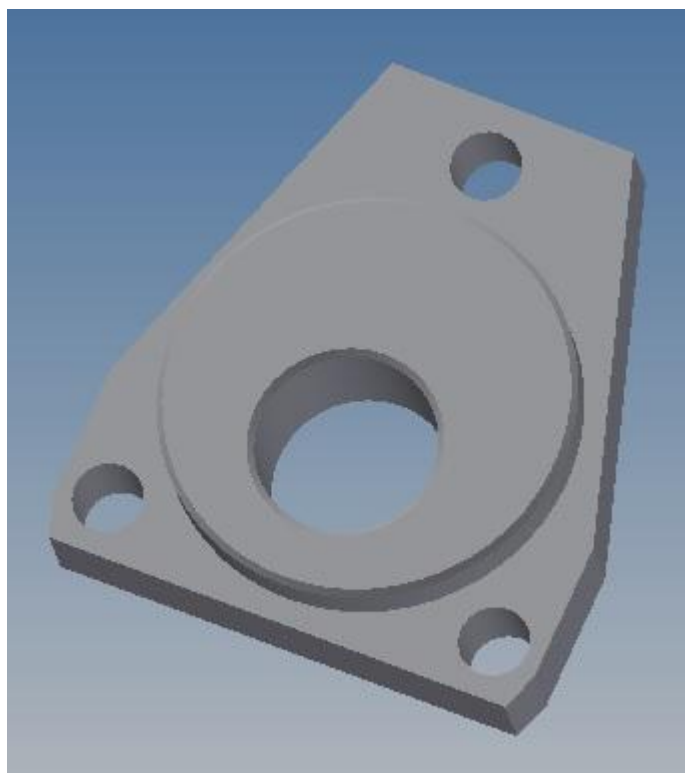
Bakalářská práce pod tématem Návrh sériové výroby pro součást z Al slitiny, by měla shrnovat nový pohled na výrobu součásti oproti klasické metodě obrábění dílců jednotlivě kus po kusu, které by nebylo výhodné z hlediska velikosti série. V této bakalářské práci je důležité vnesení nového nápadu do problému. Tato práce tedy shrnuje veškerou technologickou dokumentaci pro výrobu přípravků a samotné součásti z hliníkové slitiny včetně ekonomických propočtů a následné kalkulace ceny. Bakalářská práce na toto téma by měla přiblížit možnost výroby součástí v prostředí menších nástrojáren, které nemají ideální podmínky pro tento druh výroby. Hlavními činiteli jsou velikost zakázky, strojní vybavení a v neposlední řadě také časový horizont. Tato práce také nabízí srovnání řešení a ukazuje časovou úsporu, při zavedení nového prvku do výroby. Změnou postupu výroby hned v počátku je získána časová rezerva, která by měla znamenat celkové zrychlení výroby a tím druh uzpůsobení výroby pro prostředí malé nástrojárny.

1 ROZBOR SOUČÁSTI

Obráběnou součást je možno nazvat jako držák válečkového dopravníku.

1.1 Vyráběná součást

Je bráno v potaz, že v důsledku omezeného vybavení malých firem, je častokrát výroba modifikována pro dané podmínky. Řešenou součástí je element válečkového dopravníku, který není náročný na strojní ani nástrojové vybavení, vzhledem k zadaným parametrům na výkresu z konstrukčního oddělení, důležitým kritériem je ale velikost dané zakázky. Na součásti je z hlediska výroby pouze jeden přesný otvor a předepsaná drsnost povrchu také nevyžaduje žádné zvláštní výrobní postupy. Nutností je konstrukce čtyř přípravků dvou různých druhů, které budou sloužit k obrábění více kusů najednou. K přípravkům je třeba také vyrobit upínací systém, který bude řešen způsobem šetřící čas. Excentrická díra Ø14H7 slouží pro nalisování ložiska, ve kterém se bude otáčet dopravní váleček. Excentricita díry slouží jako nastavení výšky uchycení válečku. Jedná se o složitější uchycení válečků oproti klasickému zasazení do díry držáku nevyužívajícího ložiska. Tento držák je posléze upevněn do bočních profilů dopravníkové konstrukce. Vzhledem ke zvolenému materiálu je možné předpokládat, že dopravník bude plnit svou funkci v agresivním prostředí. Jelikož zvolený materiál je vysoce odolný vůči koroznímu prostředí a zvláště vůči mořské vodě.



Obr. 1 Součást.

Stávající technologie počítá s výrobou každé součásti zvlášť, kdy hlavně upínání a výměna nástrojů při výrobě každého dílce série bude vysoce navyšovat celkový výrobní čas.

1.2 Obráběný materiál

Součást, kterou se v této práci zabývám, je vyráběna ze slitiny hliníku, přesně z materiálu pod označením EN-AW 5083 (tab. 1). Slitina se vyznačuje svou přirozenou tvrdostí a vysokou korozní odolností v agresivních prostředích, obzvláště ve styku s mořskou vodou. Výhodou materiálu je také velmi dobrá svařitelnost, obrobitelnost a možnost leštění součástí. Polotovary bývají zpravidla žíhány [1].

Tab.1 Mechanické vlastnosti slitiny [1].

Mez kluzu	115 až 125 MPa
Pevnost v tahu	270 až 275 MPa
Tažnost	15 až 16 %
Tvrdost	73 až 75 HBW
Hustota	2,66 g*cm ⁻³

1.2.1 Označení dural

Pod označením dural se skrývá slitina hliníku a zkrácená podoba názvu duralaluminium, jejíž hustota je vyšší než čistého hliníku pouze v řádu desetinách g*cm⁻³, avšak až pětikrát tvrdší a pevnější v tahu. Tyto slitiny obsahují 90 až 95 % hliníku, dalším hlavním prvkem je měď, která je zastoupena v obsahu 4 až 6 %. Zbytek tvoří přísady, kterými jsou mangan, hořčík a pak v nízké míře prvky jiné. Dural je používán v automobilovém průmyslu, ve stavebnictví a při výrobě lodí a letadel. Často bývá spousta slitin hliníku chybně zaměňována za obchodní název Dural [1].

1.3 Výroba dílů jednotlivě

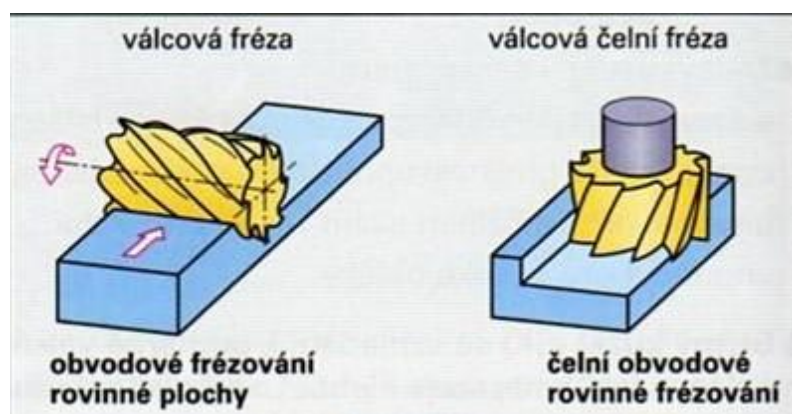
Už na první pohled je jasné, že výroba tak objemné série tímto způsobem by byla nevýhodná. Součást by byla upínána přímo na pracovní stůl stroje nebo by bylo možno sestavit jednoduchý přípravek. Podle technologického postupu je vidno, že výroba jedné součásti by zabrala 1,54 min, pro porovnání bude určena hodnota doby výroby 24 kusů, jelikož právě na tento počet obráběných součástí budou přípravky vyrobeny. Posléze budou porovnány tyto hodnoty.

2 OBECNÝ POSTUP VÝROBY

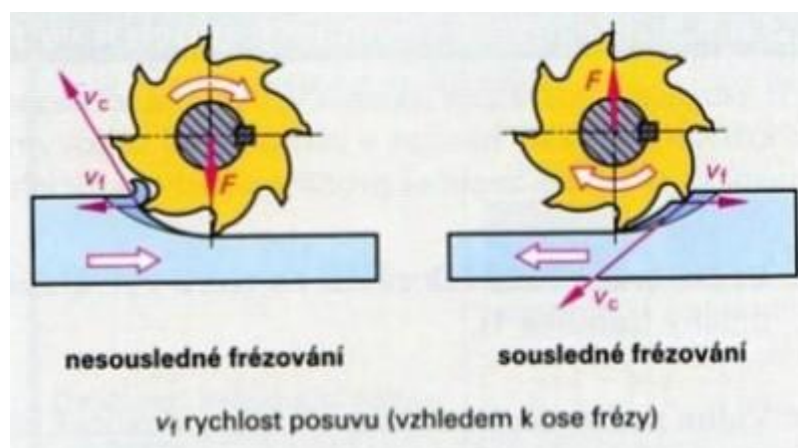
Při výrobě součástí a přípravků budou použity dvě hlavní technologie a to frézování a vrtání, obě dvě budou probíhat na jednom stroji a to na CNC frézce Traub TVC 200P.

2.1 Frézování

Frézování je základním druhem třískového obrábění, probíhá ve třech osách, výjimkou jsou obráběcí centra, která využívají i více os. Nástrojem je fréza, která koná hlavní rotační pohyb, vedlejší pohyb neboli posuv koná obrobek. Frézování dělíme na dva základní druhy, kterými jsou frézování čelní a válcové (obr. 1). U čelního jsou břity, jak na čele nástroje, tak i po obvodu, zatímco u válcového frézování se břity nachází pouze po obvodu frézy. Jiným druhem dělení způsobů frézování je podle vzájemného pohybu obrobku a nástroje a to dělení na sousledné a nesousledné frézování (obr. 2). U sousledného je směr otáčení frézy shodný se směrem posuvu obrobku, zatímco u nesousledného je tomu naopak. Pokud je to vzhledem k podmínkám výroby možné, je upřednostňováno frézování sousledné. Během něho dochází k menšímu vzniku tepla a nedochází k tak velkému sklonu ke zpevňování materiálu [2, 3].



Obr.1 Válcové a čelní frézování [4].



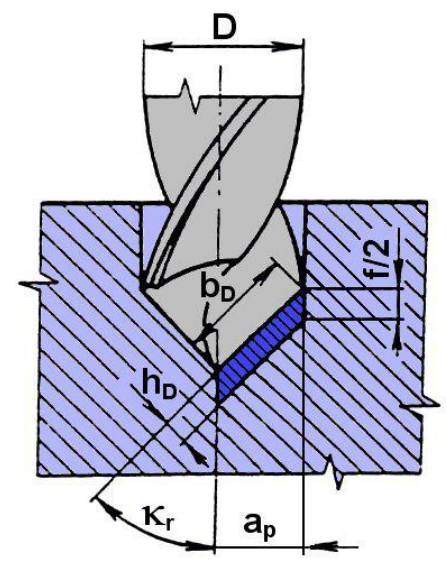
Obr.2 Sousledné a nesousledné frézování [4].

2.2 Frézování drážek

Při výrobě upínacích přípravků, bude hojně využíváno frézování drážek, proto bude tato problematika blíže vysvětlena. Frézování drážek v sobě kombinuje dva druhy frézování a to čelní a boční válcové frézování. Nejdůležitějším faktorem pro výběr frézy je plocha, která má být obrobena. Drážka, která je z obou stran uzavřená, se nazývá plná drážka a je nutné ji obrábět pomocí frézy se schopností pracovat jako vrták. Fréza musí zajistit bezproblémový odchod třísek, jelikož hromadění třísek může způsobit vylomení břitu nástroje, proto bývá tento způsob frézování doplněn přívodem řezné kapaliny nebo stlačeného vzduchu. Frézu volíme na základě několika aspektů: šířka frézování, šířka záběru, příkon stroje a další. Pro obrobění hlubších, širších drážek je vhodným řešením stopková fréza s vyměnitelnými břitovými destičkami. Pro menší, úzké plochy je vhodné použít monolitní stopkové frézy, u těchto fréz je výhodou dosažení vysoké kvality povrchu obrobku. Drsnost povrchu je také závislá na čelním a obvodovém házení břitu frézy. Velmi nízká jakost povrchu obrobku vzniká v situaci, kdy je v záběru pouze jeden zub nástroje [2, 3].

2.3 Vrtání

Vrtání je technologie zabývající se obráběním vnitřních otvorů, jejich vytvářením (obr. 4) nebo zvětšováním již předvrtaných otvorů, kdy hlavní rotační pohyb i posuvový pohyb koná nástroj. Existují výjimky, například při vrtání otvorů na soustruhu. Při vrtání je řezná rychlost několikrát větší než rychlost posuvová. Řezná rychlost u nástrojů na díry se určuje jako rychlost obvodová na největším průměru nástroje, směrem ke středu tato rychlost klesá. Vrtání můžeme dělit na strojní a ruční. Během vrtání je důležité zajištění odvodu třísek, u moderních vrtacích nástrojů tomu bývá docíleno přiváděním procesní kapaliny do oblasti řezu, kapalina tak plní dvě funkce najednou a tříska je vynášena pomocí kapaliny dvěmi, popřípadě třemi drážkami [3, 5, 6].



Obr. 4 Vrtání [6].

2.4 Vystružování

Vystružování je operace určená ke zpřesnění rozměru a ke zlepšení jakosti povrchu otvorů. Po vrtání otvoru může ještě následovat vyhrubování, jestli je tato operace zařazena do

procesu se většinou rozhoduje podle velikosti průměru otvoru. Otvory do průměru velikosti 15 mm se pouze vystružují, od operace vyhrubování se upouští. Pro operaci vystružování je také nutné ponechat určitý přídavek materiálu. Tento přídavek se přibližně určuje dle vztahu:

$$p = 0,1 + 0,005 \cdot D [\text{mm}] \quad (1)$$

Kde: D [mm] – průměr vrtaného otvoru.

Pokud by byl přídavek na vystružení příliš malý, mohlo by to způsobit problém, kdy by materiál nebyl výstružníkem odřezáván, ale pouze vytlačován. Potom by jakost vystruženého otvoru neměla vhodné parametry. Dosahovaná přesnost rozměrů se pohybuje v tolerancích řádu IT 7 a drsnost povrchu $Ra = 0,8 \mu\text{m}$ [5, 6].

2.5 Řezání vnitřních závitů

Při ručním řezání jsou využívány sadové závitníky, kdy sada obsahuje většinou tři závitníky. První závitník odebírá nejvíce materiálu naopak poslední odstraňuje nejméně materiálu a závit pouze kalibruje. Řezání strojní zahrnuje pouze jeden závitník, který vyhotoví kompletně celý závit. Závitníky mohou být včetně a nebo bez průběžných drážek, druhů bez těchto drážek je více využíváno při řezání závitů do materiálů o vyšší pevnosti. Povrchová úprava nitridem titanu prakticky zvyšuje životnost nástroje 2x až 10x. Nástroje jsou upínány do závitových hlav [5, 6].

2.6 Procesní kapaliny

Obecným předpokladem při použití procesních kapalin je odvod tepla, mazání, odvod třísek z místa řezu, ochranný účinek, vliv na jakost obrobené plochy. Při obrábění slitin hliníku může docházet k tvorbě nárůstku na nástroji a tím ke zhoršení jakosti povrchu obrobku a snížení trvanlivosti nástroje. Obráběné materiály si vyžadují různé procesní kapaliny i s ohledem na výrobní operaci. Vzhledem k materiálu obrobku, by bylo vhodné dle přehledu doporučených kapalin použít pro operaci vrtání a vystružování některou z kategorie mastných olejů a při operaci frézování chladicí emulzi. Ta bývá označována dle procentuálního obsahu ochranných látek, který má rozsah 2 až 10 %. Vzhledem k tomu, že jsou při výrobě součásti používány nástroje ze slinutých karbidů, je možné pracovat i bez použití procesní kapaliny, jelikož tyto nástroje jsou schopny pracovat i při vyšších teplotách [10].

3 NÁVRH NOVÉHO POSTUPU VÝROBY

Na základě inovace ve výrobě je třeba sestavit nový výrobní postup, jehož cílem je zefektivnění výroby.

3.1 Změna výroby

Nově navrhovaný postup výroby součásti, je takřka totožný s postupem pro výrobu součástí jednotlivě. Jediné, co se mění je počet upnutých kusů a využití otočného stolu. Čas nutný na upínání a odepínání se ušetří, jelikož tato operace bude probíhat během obrábění. Další úspora vznikne na základě nižšího počtu výměn nástrojů, kdy na celý přípravek, tedy 24 kusů, je měněn nástroj 6x, zatímco u výroby kusové by byl tolikrát vyměňován nástroj pro každou součást zvlášť. Výroba může probíhat na libovolném stroji, který dovoluje využití otočného stolu a splnění parametrů výroby. V tomto případě je volen stroj Traub TVC 200P. U zakázky v řádu statisíců jsou tyto úspory velmi znatelné. Což uvidíme v konečném technicko-ekonomickém zhodnocení. Pro ukázkou je uvedeno srovnání technologických postupů.

3.2 Řešení problému

Daným problémem je výroba velké série, která je omezena časem a je třeba zkrátit časový interval výroby. Stroj pro výrobu je pevně dán a úkolem bude také porovnat různé postupy výroby. Výroba dané série by byla při výrobě každého kusu zvlášť značně zdlouhavá. Proto je v této práci obohacena tato výroba zjednodušením v podobě využití otočného stolu stroje. Konstrukce přípravku (obr. 5) je omezena pouze rozměry upínacího stolu frézky a technickými parametry stroje. Také není provedena analýza odolnosti přípravku vůči namáhání, přípravek je konstruován pouze s ohledem na praktické zkušenosti odborníků v oboru. Samotný přípravek bude upnut k pracovnímu stolu frézky pomocí středícího čepu a v rozích pomocí upínacích šroubů. Stroj může na jedno upnutí přípravku obrábět několik kusů obrobků, počet závisí na možnostech stroje, jako jsou maximální vymezený pohyb nástroje, velikost upínacího stolu atd. Jednoduchým způsobem je taky řešeno upínání obrobků, kdy jsou předem vyrobeny upínky (obr. 7), které svým tvarem zajistí po dotažení natlačení polotovarů na stěnu přípravku, které slouží jako pevné opěrky (obr. 8). Po vsazení polotovarů do frézovaných přípravků, jsou upínány jednoduše přitahováním šroubu, buď pomocí akuvrtačky nebo ručně. Druhý upínací přípravek (obr. 6) má vyfrézovány otvory pro osazení součásti plus vystředovací díru pro kolík a otvor se závitem pro ustavení součásti pomocí šroubu a podložky, jelikož ve druhém přípravku bude frézována hlavní kontura součásti (obr. 10). Výroba přípravků bude probíhat postupně frézováním drážek a kontur pro upevnění polotovaru s následným vrtáním děr, potažmo řezáním závitů. Je nutné vyrobit jednoduché přípravky, které budou sloužit k jednoduchému upínání a ustavení obrobku vůči obráběcímu mechanismu. Tyto přípravky budou jednoúčelové a budou sloužit pouze pro tuto sérii, v budoucnu je nejspíš nebude možné použít k žádné další výrobě. Bude nutno navrhnout dva druhy přípravků, kdy při obrábění v prvním přípravku bude vytvořena na obrobku plocha pro ustavení součásti v přípravku druhém. Po zhotovení přípravků, bude nutné otestovat vhodnost vyrobením zkušební série požadovaných součástí, která bude sloužit k odhalení chyb a ke změnám v seřízení stroje [7].

3.3 Nástroje

Veškeré nástroje jsou vybrány z katalogu společnosti Hoffmann Group (tab. 2, 3, 4, 5). Vzhledem k velikosti obráběných ploch je nutné použití zejména monolitních fréz. S ohledem na vysoký počet drážkovacích operací, je taky nezbytné použít frézy se schopností zavrtat se do materiálu. Největší materiálovou skupinu nástrojů tvoří nástroje z rychlořezné oceli a slinutých karbidů. Vysokolegované rychlořezné oceli (RO) jsou schopny pracovat i při teplotách 600 až 650 °C. Tento druh materiálu se vyznačuje vysokou houževnatostí ve srovnání s jinými nástrojovými materiály. Tvrdosti dosahujeme zakalením a také ji zajišťují legury, které se slučují s uhlíkem obsaženým v oceli a tvoří karbidy. Mezi tyto důležité legury patří Cr, W, Mo a V. Tyto prvky také zajišťují větší prokalitelnost. Ohřívání i ochlazování probíhá stupňovitě z vysokých kalících teplot, jelikož rychlořezné oceli se vyznačují horší tepelnou vodivostí. První teplotní stupeň se pohybuje kolem 550 °C, následuje zhruba 850 °C a poslední fáze probíhá na hodnotě 1050 °C. Na každém stupni před dalším ohřevem nebo ochlazením setrvává kalený materiál v intervalu 100 až 150 sekund. Celkově tvoří rychlořezné oceli asi 35 % veškeré produkce řezných nástrojů. Slinuté karbidy (SK) jsou vyráběny spékáním karbidů wolframu, tantalu, titanu, chromu, tyto tvoří 80 až 95 % celkového objemu řezného materiálu. Dalším hlavním prvkem je kobalt, který tvoří pojivo karbidů. Oproti RO jsou SK schopny pracovat při vyšších teplotách a to až 900 °C a vyšších řezných rychlostech. Další výhodou je dobrá otěruvzdornost. Naopak jsou ale křehké se sklonem k vydrolování břitů. Právě vyšší počet karbidických složek zvyšuje odolnost vůči otěru a vyšší obsah pojiva kladně ovlivňuje houževnatost. Tyto vlastnosti u samotných karbidů ovlivňuje také velikost zrna, kdy velká zrna způsobují houževnatost zatímco jemné zrno je důsledkem vyšší tvrdosti. Ve srovnání s rychlořeznou keramikou nedosahují takových tvrdostí, ale také ani její křehkosti. Dělí se do skupin P, M, K podle toho, jakou obráběný materiál tvoří třísku. Pro výrobu součástí ze slitiny Al je nejvhodnější typ K, určený pro materiály tvořící krátkou třísku. Výroba probíhá metodou slinování, kdy je pojivo za vyšších teplot spojováno s tvrdými karbidy [3, 8, 10].

Tab. 2 Nástroje pro hlavní součást [7].

Vyobrazení	Nástroj	Výrobce	Označení
	Fréza Ø10	Garant	20 2548
	Fréza Ø10	Garant	20 5135
	Vrták Ø5,5	Holex	12 2150
	Vrták Ø13,8	Holex	12 2310
	Výstružník Ø14H7	Garant	12 2795

	Fréza Ø16	Garant	20 8070
---	-----------	--------	---------

Tab. 3 Nástroje pro upínač 1 [7].

Vyobrazení	Nástroj	Výrobce	Označení
	Fréza Ø9	Garant	19 1250
	Fréza Ø10	Garant	19 1250
	Fréza Ø6	Garant	19 1520
	Vrták Ø4,2	Garant	12 2100
	Vrták Ø15	Garant	12 2440
	Závitník M5	Garant	13 4250
	Vrták Ø6	Hoxol	12 2394

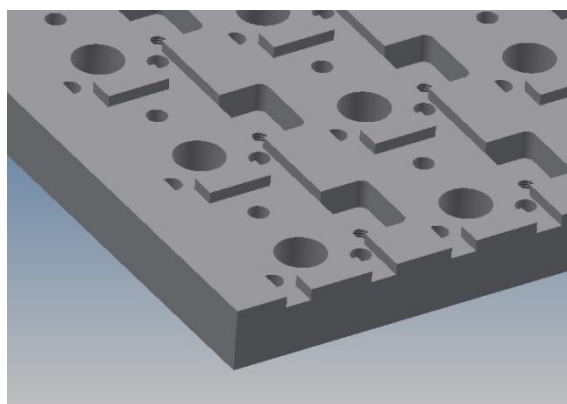
Tab. 4 Nástroje pro upínač 2 [7].

Vyobrazení	Nástroj	Výrobce	Označení
	Fréza Ø12	Garant	19 1250
	Fréza Ø12	Garant	19 1580
	Vrták Ø6,8	Hoxol	12 2394
	Vrták Ø6	Hoxol	12 2394
	Vrták Ø11	Hoxol	12 2394
	Vrták Ø18	Hoxol	12 2394

 Válcová stopka DIN 6535 HA 12 2394	Vrták Ø10	Holex	12 2394
 13 1280	Závitník M8	Garant	131280

Tab. 5 Nástroje pro upínku [7].

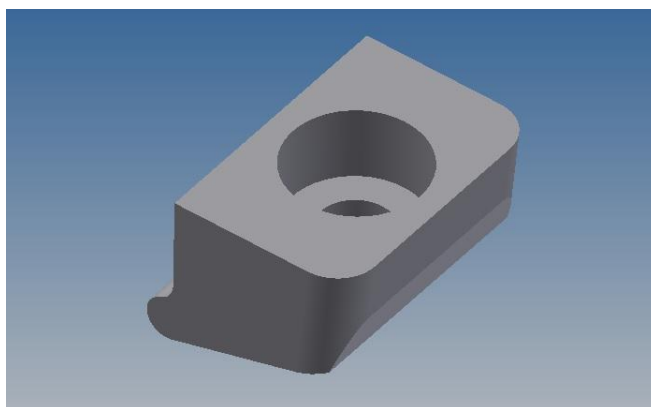
Vyobrazení	Nástroj	Výrobce	Označení
 HSS-PM 191290	Fréza Ø6	Garant	19 1290
	Fréza Ø3	Garant	20 7135
 12 2150	Vrták Ø5,5	Garant	12 2150
 GARANT	Záhlubník Ø10x4,2	Garant	15 6220



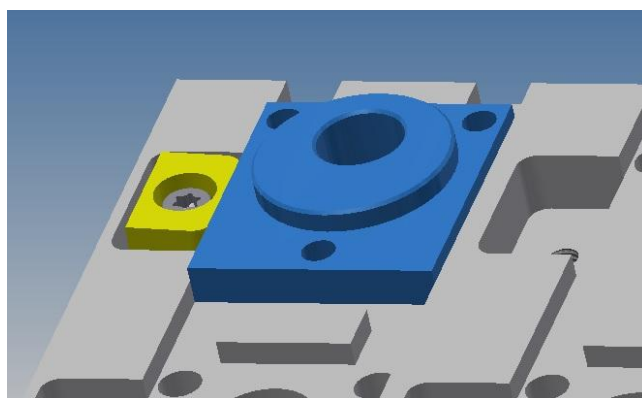
Obr. 5 Ukázka přípravku č.1.



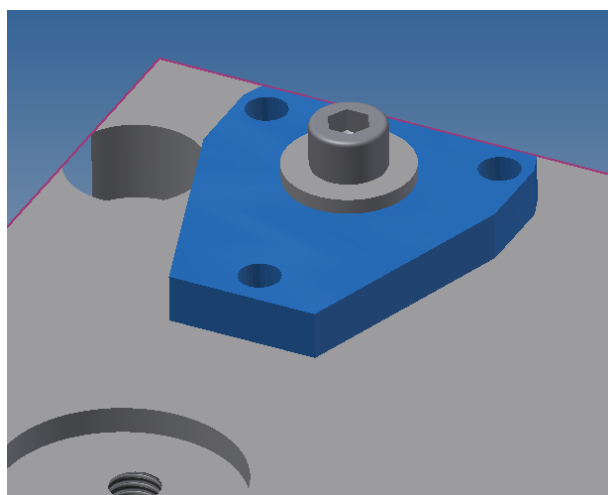
Obr. 6 Ukázka přípravku č.2.



Obr. 7 Upínka.



Obr. 8 Upnutý stav 1.



Obr. 9 Upnutý stav 2.

3.4 Obráběný materiál přípravků

Pro výrobu přípravků byl vybrán materiál pod označením 12 050 (tab. 6), vybíráno bylo z ocelí běžných jakostí třídy 10 a 11, ale po konzultaci s dlouholetým praktikem byla zvolena ušlechtilá ocel třídy 12. Je to konstrukční nelegovaná ocel, vhodná k zušlechtnění. Též je možné tento materiál kalit. Součásti z této oceli jsou často těžce dynamicky namáhané a mimo jiné jsou z ní zhotovovány velké výkovky.

Tab. 6 Vlastnosti materiálu.

Pevnost v tahu	550 až 740 MPa
Mez kluzu	275 až 330 MPa

3.5 Obrobitelnost slitin hliníku

Hliník jako obráběný materiál se používá ve formě slitin. Obrábění čistého hliníku se moc nevyskytuje. Je to snadno tvářitelný a nestabilní kov. Mezi hlavní legury slitin hliníku patří mangan, křemík, měď, hořčík, zinek, železo. Celkově je obrobitelnost těchto slitin dobrá, pracovní teploty nedosahují vysokých hodnot. K lepším výsledkům se používají pozitivní břitové destičky, jelikož zabráňují vzniku nárůstku a podporují dobrý odvod třísky. Prvek, který může výrazně zhoršit obrobitelnost je křemík. Částice křemíku všeobecně zvyšují rychlost opotřebení nástrojů. Nutností je proto s tímto faktem uvažovat a použít k tomuto účelu vhodné nástroje. Slitiny hliníku jsou rozděleny do tří skupin. Podle určení dělíme slitiny na tvářené, slévárenské a automatové. Tvářené slitiny mají jako všechny hliníkové polotovary dobrou obrobitelnost. Optimálních řezných podmínek lze docílit nastavením správných úhlů řezných nástrojů. Tyto slitiny dále je možno dělit na slitiny vytvrzované a nevytvrzované. Jejich hlavní rozdíl je opět v obrobitelnosti, která je u vytvrzovaných lepší. Tvářené slitiny hliníku tvoří dlouhou celistvou třísku. Slévárenské slitiny obrobitelností odpovídají předcházejícím tvářeným s rozdílem většího opotřebení řezných nástrojů, které způsobuje hlavně křemík. S rostoucím obsahem křemíku, roste opotřebení nástroje a je nutné obrábět nižšími řeznými rychlostmi a posuvy. Jedinou výjimkou jsou eutektické slitiny s obsahem okolo 12% Si, kdy se při opracovávání postupně zatlačují tvrdé částice křemíku do měkké matrice a tím nedochází k tak velkému opotřebení nástrojů. Legováním křemíkem většinou zajistíme tvorbu lámavé třísky. U zmiňovaných eutektických slitin dostáváme dlouhou smotanou třísku. Kvalita povrchu je také zásadně závislá na druhu obráběných materiálů. U podeutektických a eutektických slitin vzniká při obrábění vysokými řeznými rychlostmi horší obrobena plocha vzhledem k drsnosti povrchu. Jelikož jsou automatové slitiny legovány prvky jako Pb, Bi, Sb a Cd jejich tříska je lámavá. Olovo v dnešní době bývá nahrazeno cínem, což je šetrnější k životnímu prostředí. Opotřebení nástrojů je i při vysokých řezných rychlostech poměrně malé [1, 3].

3.6 Stroj

Na stroji, na kterém bude probíhat řešená výroba, je možno obrábět rovinné, tvarové a rotační plochy včetně závitování. Základní druhy frézek jsou frézky konzolové, stolové, rovinné a speciální. Konzolové frézky umožňují pohyb obrobku upnutého na stole ve třech pravouhlých souřadnicích. Podle polohy vřeten je dále možné dělit na skupiny svislých, vodorovných a univerzálních frézek. Stolové frézky jsou vybaveny pracovním stolem uloženým na saních a svisle přestavitelným vřeteníkem. Rovinné frézky se liší hlavně rozměry, kdy slouží k obrábění větších obrobků. Mezi speciální frézky patří například stroje odvalovací nebo frézky pro frézování závitů [5].

3.6.1 Traub TVC 200P

Výroba bude probíhat na vertikální numericky řízené frézce Traub TVC 200P (tab. 7). Stroj je ideální z hlediska velikosti upínacího stolu, který má rozměry 500x300 mm.

Zásobník umožňuje umístit ve stroji 16 nástrojů. Využívá řídicí systém Fanuc OM. Stroj byl vyroben v roce 1993 [12].

Tab. 7 Technické parametry stroje [12].

Pohyb v ose X	400 mm
Pohyb v ose Y	300 mm
Pohyb v ose Z	400 mm
Max. otáčky vřetene	8000 min ⁻¹
Hmotnost stroje	2 500 kg
Celkový příkon	10 kW

3.6.2 Pásová pila Pegas 280/60

Dělení materiálu bude probíhat na pásové pile Pegas 280/60, která je vybavena válečkovým dopravníkem pro polotovary délky až 6 m. Pila je vhodná k dělení polotovarů z oceli i neželezných kovů. Je schopna dělit profily maximálních průřezů 280x150 při vodorovné poloze pilového pásu. Trubky vnějšího průměru velikosti až 230 mm [13].

3.7 Základní výpočtové vztahy pro tvorbu TPV

Otáčky vřetena stroje:

$$n = \frac{v_c * 1000}{\pi * d} \text{ [min}^{-1}\text{]} \quad (2)$$

Kde: n [min⁻¹] – otáčky vřetena,

d [mm] – průměr nástroje,

v_c [m*min⁻¹] – řezná rychlost.

Posuvová rychlost při frézování:

$$v_f = f_z * n * z \text{ [mm*min}^{-1}\text{]} \quad (3)$$

Kde: v_f [mm*min⁻¹] – posuvová rychlost,

f_z [mm] – posuv na zub,

z [-] – počet zubů.

Jednotkový strojní čas:

$$t_{AS} = \frac{L * i}{v_f} \text{ [min]} \quad (4)$$

Kde: t_{AS} [min] – jednotkový strojní čas,

L [mm] – dráha nástroje ve směru posuvu,

i [-] – počet třísek.

3.7.1 Řezné podmínky pro výrobu součástí

Frézování osazení – hrubování:

$$v_c = 480 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{480 \cdot 1000}{\pi \cdot 10} = 15278,88 \Rightarrow 8000 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot n \cdot z \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

$$v_f = 0,09 \cdot 8000 \cdot 4 = 2880 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{v_f} \text{ [min]}$$

$$t_{AS} = \frac{308,45 \cdot 1}{2240} = 0,11 \text{ min}$$

Frézování osazení – dokončení:

$$v_c = 480 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot d} \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$n = \frac{480 \cdot 1000}{\pi \cdot 10} = 15278,88 \Rightarrow 8000 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot n \cdot z \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

$$v_f = 0,07 \cdot 8000 \cdot 3 = 1680 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{v_f} \text{ [min]}$$

$$t_{AS} = \frac{131,95 \cdot 1}{1680} = 0,08 \text{ min}$$

Vrtání díry Ø5,5 mm:

$$v_c = 180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot d} \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$n = \frac{180 \cdot 1000}{\pi \cdot 5,5} = 10417,41 \Rightarrow 8000 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f \cdot n \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

$$v_f = 0,1 \cdot 8000 = 800 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{L * i}{v_f} \quad [\text{min}]$$

$$t_{AS} = \frac{8,4 * 1}{800} = 0,01 \text{ min}$$

Předvrtání díry Ø13,8 mm:

$$v_c = 180 \text{ m} * \text{min}^{-1}$$

$$n = \frac{v_c * 1000}{\pi * d} \quad [\text{min}^{-1}]$$

$$n = \frac{180 * 1000}{\pi * 13,8} = 4151,87 \Rightarrow 4151 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f * n \quad [\text{mm} * \text{min}^{-1}]$$

$$v_f = 0,26 * 4151 = 1079,26 \text{ mm} * \text{min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{L * i}{v_f} \quad [\text{min}]$$

$$t_{AS} = \frac{14 * 1}{1079,26} = 0,01 \text{ min}$$

Vystružení díry Ø14H7:

$$v_c = 80 \text{ m} * \text{min}^{-1}$$

$$n = \frac{v_c * 1000}{\pi * d} \quad [\text{min}^{-1}]$$

$$n = \frac{80 * 1000}{\pi * 14} = 1818,91 \Rightarrow 1818 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f * n \quad [\text{mm} * \text{min}^{-1}]$$

$$v_f = 0,35 * 1818 = 636,3 \text{ mm} * \text{min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{L * i}{v_f} \quad [\text{min}]$$

$$t_{AS} = \frac{12 * 1}{636,3} = 0,02 \text{ min}$$

Sražení hrany 0,5x45°:

$$v_c = 140 \text{ m} * \text{min}^{-1}$$

$$n = \frac{v_c * 1000}{\pi * d} \quad [\text{min}^{-1}]$$

$$n = \frac{140 * 1000}{\pi * 16} = 2785,21 \Rightarrow 2785 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z * n * z \text{ [mm*min}^{-1}\text{]}$$

$$v_f = 0,12 * 2785 * 2 \text{ m*min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{L * i}{v_f} \text{ [min]}$$

$$t_{AS} = \frac{123,5 * 1}{668,4} = 0,21 \text{ min}$$

Frézování kontury:

$$v_c = 480 \text{ m*min}^{-1}$$

$$n = \frac{v_c * 1000}{\pi * d} \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$n = \frac{480 * 1000}{\pi * 10} = 15278,88 \Rightarrow 8000 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z * n * z \text{ [mm*min}^{-1}\text{]}$$

$$v_f = 0,09 * 8000 * 4 = 2880 \text{ mm*min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{L * i}{v_f} \text{ [min]}$$

$$t_{AS} = \frac{180,863 * 1}{2880} = 0,06 \text{ min}$$

Kontrolní výpočet výkonu:

$$P_c = C_p * D^{(x_1+1)} * z * a_e^{x_2} * a_p^{x_3} * f_z^{x_4} * n \text{ [kW]} \quad (5)$$

Kde: a_e [mm] – šířka frézování,

a_p [mm] – šířka záběru,

f_z [mm] – posuv na zub,

z [-] – počet zubů frézy,

n [min⁻¹] – otáčky při dané operaci,

D [mm] – průměr frézy.

$$C_p = \frac{\pi * C_{Fc}}{60 * 10^6} \text{ [-]} \quad (6)$$

$$C_p = \frac{\pi * 806}{60 * 10^6} = 4,22 * 10^{-5}$$

$$P_c = 4,22 * 10^{-5} * 10^{(-1,14+1)} * 3 * 10^{1,1} * 2^{0,95} * 0,15^{0,8} * 2037 = 0,995 \text{ kW}$$

Potřebný výkon elektromotoru pro frézování:

$$P_m = 1,43 * P_c \text{ [kW]} \quad (7)$$

$$P_m = 1,43 * 0,955 = 1,423 \text{ kW}$$

Kde: a_e [mm] – šířka frézování,

a_p [mm] – šířka záběru.

Tab. 8 Experimentální hodnoty pro výpočet výkonu [10].

Materiál	C_{Fc}	C_p	x_1	x_2	x_3	x_4
Ocel	806	$4,22 * 10^{-5}$	-1,14	1,1	0,95	0,8

Vzhledem k výkonu elektromotoru stroje 10 kW by měla operace frézování proběhnout bez problémů. Pro tuto kontrolu byla vybrána náročnější operace této výroby.

3.7.2 Kontrolní výpočty – 1. přípravek [14]

Výpočet řezné síly pro frézování osazení v prvním přípravku:

Maximální úhel záběru:

$$\sin \varphi = \frac{\varphi_{\max}}{2} = \frac{\frac{B}{2}}{\frac{D}{2}} \quad [^\circ] \quad (8)$$

Kde: B [mm] – šířka frézování,

D [mm] – průměr nástroje.

$$\sin \varphi = \frac{\varphi_{\max}}{2} = \frac{\frac{10}{2}}{\frac{10}{2}} \Rightarrow \varphi_{\max} = 2 * 90 = 180^\circ$$

Počet zubů v záběru:

$$n_z = \frac{\varphi_{\max}}{360} \quad [-] \quad (9)$$

$$n_z = \frac{180}{360} = 2 \text{ zuby}$$

Úhel záběru pro jednotlivé zuby:

$$\varphi_t = \frac{\varphi_{\max}}{n_z} \quad [^\circ] \quad (10)$$

$$\varphi_t = \frac{180}{2} = 90^\circ$$

$$\varphi = 90 + \frac{\varphi_t}{2} \quad [^\circ] \quad (11)$$

$$\varphi_1 = 90 + \frac{90}{2} = 135^\circ$$

$$\varphi_2 = 90 - \frac{90}{2} = 45^\circ$$

Jmenovitý průřez třísky pro zuby frézy v záběru:

$$A_{Di} = h_{Di} * b_{Di} = f_z * a_p * \sin \varphi_i \quad [\text{mm}^2] \quad (12)$$

Kde: f_z [mm] – posuv na zub,

a_p [mm] – šířka záběru.

$$A_{D1} = h_{D1} * b_{D1} = 0,09 * 3,6 * \sin 135^\circ = 0,23 \text{ mm}^2$$

$$A_{D2} = h_{D2} * b_{D2} = 0,09 * 3,6 * \sin 45^\circ = 0,23 \text{ mm}^2$$

Řezná síla:

$$F_{Ci} = A_{Di} * k_{Ci} \quad [\text{N}] \quad (13)$$

Kde: k_{C1} [MPa] – měrná řezná síla v závislosti na úběr materiálu 1 mm².

$$F_{Ci} = 0,23 * 1010,3 = 232,4 \text{ N}$$

$$k_{Ci} = \frac{k_{C1}}{h_{Di}^{mc}} \quad [\text{MPa}] \quad (14)$$

Kde: h_{Di} [mm] – jmenovitá tloušťka třísky,

mc [-] – koeficient nárůstu měrné řezné síly.

$$k_{Ci} = \frac{500}{0,06^{0,25}} = 1010,3 \text{ MPa}$$

$$h_{Di} = f_z * \sin \kappa * \sin \varphi_i \quad [\text{mm}] \quad (15)$$

Kde: κ [°] – nástrojový úhel ostří.

$$h_{Di} = 0,09 * \sin 90^\circ * \sin 135^\circ = 0,06 \text{ mm}$$

Celková řezná síla:

$$F_C = 2 * F_{Ci} \quad [\text{N}] \quad (16)$$

$$F_C = 2 * 232,4 = 464,8 \text{ N}$$

Výkon na vřetenu frézky:

$$P_C = \frac{F_C * v_C}{6 * 10^4} \text{ [kW]} \quad (17)$$

Kde: v_C [$\text{m} * \text{min}^{-1}$] – řezná rychlost.

$$P_C = \frac{464,8 * 480}{6 * 10^4} = 3,71 \text{ kW}$$

Kontrola šroubu upínky na smykové namáhání:

$$A_s \geq \frac{F}{\sigma_v} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (18)$$

Kde: A_s [mm^2] – plocha nejmenšího průřezu šroubu,

F [N] – síla namáhající na smyk,

σ_v [MPa] – dovolené napětí ve smyku.

$$A_s \geq \frac{464,8}{150} = 3,1 \text{ mm}^2$$

Upínka je připevněna šroubem M5, jeho malý průměr je 4,02 mm.

Průřez šroubu v nejmenším průměru:

$$S = \frac{\pi * D^2}{4} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (19)$$

Kde: D [mm] – malý průměr šroubu.

$$S = \frac{\pi * 4,02^2}{4} = 12,69 \text{ mm}^2$$

3.7.3 Kontrolní výpočty – 2. přípravek [15, 16]

Výpočtem bude zjištěno maximální kombinované namáhání šroubu na smyk a tah.

Únosnost šroubu v tahu:

$$F_t = \frac{k * f_{ub} * A_s}{\gamma_M} \text{ [N]} \quad (20)$$

Kde: A_s [mm^2] – průřez nejmenšího průměru šroubu,

f_{ub} [MPa] – mez pevnosti,

k [-] – součinitel zohledňující tvar a velikost díry,

γ_M [-] – součinitel spolehlivosti materiálu.

$$F_t = \frac{0,9 * 800 * 34,7}{1,3} = 19218,5 \text{ N}$$

Únosnost šroubu ve smyku:

$$F_p = 0,7 * f_{ub} * A_s \quad [\text{N}] \quad (21)$$

$$F_p = 0,7 * 800 * 34,7 = 19432,5 \text{ N}$$

Výpočet únosnosti šroubu při kombinovaném namáhání:

$$F_s = \frac{k_s * n * \mu * (F_p - 0,8 * F_t)}{\gamma_M} \quad (22)$$

Kde: k_s [-] – koeficient zohledňující velikost a tvar díry pro šroub,

n [-] – počet třecích ploch,

μ [-] – součinitel tření,

F_p [N] – síla předpětí,

F_t [N] – únosnost šroubu v tahu,

γ [-] – součinitel spolehlivosti materiálu.

$$F_s = \frac{0,85 * 2 * 0,2 * (19432,5 - 0,8 * 19218,5)}{1,3} = 1061,2 \text{ N}$$

Jmenovitý průřez třísky pro zuby frézy v záběru:

$$A_{Di} = h_{Di} * b_{Di} = f_z * a_p * \sin \varphi_i \quad [\text{mm}^2]$$

Kde: f_z [mm] – posuv na zub,

a_p [mm] – šířka záběru.

$$A_{Di} = h_{Di} * b_{Di} = 0,09 * 6,4 * \sin 135^\circ = 0,41 \text{ mm}^2$$

Jmenovitá tloušťka třísky:

$$h_{Di} = f_z * \sin \kappa * \sin \varphi_i \quad [\text{mm}]$$

Kde: κ [°] – nástrojový úhel ostří.

$$h_{Di} = 0,09 * \sin 90^\circ * \sin 135^\circ = 0,06 \text{ mm}$$

$$k_{Ci} = \frac{k_{C1}}{h_{Di}^{mc}} \quad [\text{MPa}]$$

Kde: h_{Di} [mm] – jmenovitá tloušťka třísky,

mc [-] – koeficient nárůstu měrné řezné síly,

k_{C1} [MPa] – měrná řezná síla v závislosti na úběru materiálu 1 mm².

$$k_{Ci} = \frac{500}{0,06^{0,25}} = 1010,3 \text{ MPa}$$

Řezná síla:

$$F_{Ci} = A_{Di} * k_{Ci} \quad [\text{N}]$$

$$F_{Ci} = 0,41 * 1010,3 = 414,2 \text{ N}$$

Celková řezná síla:

$$F_C = 2 * F_{Ci} \quad [\text{N}]$$

$$F_C = 2 * 414,2 = 828,4 \text{ N}$$

Výkon na vřetenu frézky:

$$P_C = \frac{F_C * v_C}{6 * 10^4} \quad [\text{kW}]$$

Kde: v_C [$\text{m} * \text{min}^{-1}$] – řezná rychlost.

$$P_C = \frac{828,4 * 480}{6 * 10^4} = 6,63 \text{ kW}$$

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Konečná kalkulace ceny součásti je závislá na více parametrech a to hlavně na ceně polotovaru, nástrojů, době výroby a obsluhy strojů.

4.1 Polotovar

Polotovar bude dodáván v šestimetrových plochých tyčích o průřezu 40x10 mm. Je to materiál žíhaný. Výhodou je válcovaný povrch, který nemusí být, pokud to není nutné, nijak dále upravován. Materiál bude pouze dělen na délku 46 mm na pásové pile. V této bakalářské práci je volena délka polotovaru na 6 000 mm pouze z důvodu finanční úspory, ta je ale v rámci velikosti série poměrně zanedbatelná, proto by bylo možno, například z důvodu prostorových volit materiál dodávaný v délce 3 000 mm. Materiál musí odolat mechanickému zatížení při výrobě a nesmí připustit deformaci, to se taky odráží na jeho ceně (tab. 9, 10) [9].

Tab. 9 Cena materiálu [9].

Cena za 1 m materiálu	143 Kč
Počet součástí z jedné tyče	130 kusů
Potřebný počet tyčí na celou výrobu	2 308 kusů
Cena 1 tyče	858 Kč
Cena potřebného počtu tyčí	1 980 264 Kč
Úspora oproti třímetrovým tyčím	14 157 Kč

Počet součástí z jedné tyče:
$$n_t = \frac{l_p}{l_s} \quad [-] \quad (23)$$

Kde: l_p [mm] – délka polotovaru.

l_s [mm] – délka kusového polotovaru.

$$n_t = \frac{6000}{46} = 130,43 \text{ ks} \Rightarrow 130 \text{ ks}$$

Potřebný počet tyčí na celou výrobu:
$$n_{tyč} = \frac{n}{n_t} \quad [-] \quad (24)$$

Kde: n [ks] – velikost série

$$n_{tyč} = \frac{300000}{130} = 2307,7 \text{ ks} \Rightarrow 2308 \text{ ks}$$

Cena 1 tyče polotovaru:
$$N = N_m * 6 \quad [\text{Kč}] \quad (25)$$

Kde: N_m [Kč] – cena za 1 m materiálu.

$$N = 143 * 6 = 858 \text{ Kč}$$

Celková cena polotovaru: $N_p = n_{tyč} * N$ [Kč] (26)

Kde: $n_{tyč}$ [ks] – potřebný počet tyčí na celou sérii.

$$N_p = 2308 * 858 = 1980264 \text{ Kč}$$

Tab. 10 Výpočet ceny součástí.

Tarif práce na stroji/hod	$N_{SH} = N_{SM} * 60$	800,-
Výroba 24 kusů + 5 % rezerva	$22,37 * 1,05$	23,49 min
Počet vyrobených kusů za 24 hod	n_{24}	1 471 ks
doba na vyrobení série	t_s	203,94 dne
+ Časová rezerva	t_{sr}	220 dní
Cena celkové práce na stroji	$N_s = t_{AS} * N_{SM}$	3 915 648 Kč
Cena polotovaru	N_p	1 980 264 Kč
Celková cena nástrojů	N_N	4 529 910 Kč
Výrobní cena součástí	N_D	34,75 Kč

Ke strojním časům jsou přičteny hodnoty výměn nástrojů, přejezdů mezi součástmi v přípravku, upínání a odepínání až v času dávkovém, který se vztahuje k počtu plného přípravku, což je 24 kusů.

Tarif obsluhy stroje na 1 hodinu: $N_{SH} = N_{SM} * 60$ [Kč] (27)

Kde: N_{SM} [Kč] – tarif obsluhy stroje na 1 minutu.

$$N_{SH} = 13,33 * 60 = 800 \text{ Kč}$$

Výroba 24 kusů + 5% rezerva: $t_{24} = t_{AS} * 1,05$ [min] (28)

Kde: t_{AS} [min] – doba výroby 24 součástí.

$$t_{24} = 22,37 * 1,05 = 23,49 \text{ min}$$

Počet vyrobených kusů za 1 den: $n_{24} = \frac{1440}{t_{24}} * 24$ [ks] (29)

Kde: t_{24} [min] – doba výroby 24 součástí + 5% rezerva.

$$n_{24} = \frac{1440}{23,49} * 24 = 1471 \text{ ks}$$

Doba na vyrobení celé série: $t_s = \frac{300000}{n_{24}}$ [den] (30)

Kde: n_{24} [ks] – počet vyrobených kusů za 1 den.

$$t_s = \frac{300000}{1471} = 203,94 \text{ dnů}$$

Cena strojní práce včetně obsluhy: $N_s = t_{AS} * N_{SH}$ [Kč] (31)

Kde: N_{SH} [Kč] – tarif obsluhy stroje na 1 hodinu.

$$N_s = 203,94 * 24 * 800 = 3915648 \text{ Kč}$$

Cena nástrojů (tab. 10) vychází z katalogu Hoffmann Group pro období 2014/2015. Ceny by se při reálném nákupu mohly lišit v důsledku slev pro stálé odběratele. Životnost nástrojů je prodloužována na trojnásobek. S ohledem na konzultace s praktickými uživateli jsou katalogové hodnoty podhodnocené a je možné proto uvažovat životnost vyšší. V určitých operacích je tato výroba také limitována strojním vybavením a nástroje budou podléhat nižšímu namáhání, než je předepisováno. Některé rozměry jsou ve volných mírách a nepodléhají proto přísnějším tolerancím, což taky může prodloužit dobu užití nástroje.

Tab. 10 Cena nástrojů [8].

Nástroj	Počet kusů	Cena jednoho kusu	Cena všech kusů
Fréza Garant 20 2548	690	2363 Kč	1 630 470 Kč
Fréza Garant 20 5135	310	2274 Kč	704 940 Kč
Vrták Horex Ø5,5 12 2150	900	594 Kč	444 000 Kč
Vrták Horex Ø13,8 12 2310	300	1480 Kč	534 600 Kč
Výstružník Garant 12 2795	100	4872 Kč	487 200 Kč
Fréza Garant 20 8070	150	4858 Kč	728 700 Kč
Celková cena nástrojů			4 529 910 Kč

4.2 Cena součástí

Celkové náklady: $N = N_p + N_N + N_s$ [Kč] (32)

Kde: N_p [Kč] – celková cena polotovaru,

N_N [Kč] – celková cena nástrojů,

N_S [Kč] – celková cena strojní práce včetně obsluhy.

$$N = 4529910 + 1980264 + 3915648 = 10425822 \text{ Kč}$$

Cena 1 součásti:
$$N_D = \frac{N}{300000} \quad [\text{Kč}] \quad (33)$$

$$N_D = \frac{10425822}{300000} = 34,75 \text{ Kč}$$

Tab. 11 Cena součásti při jednotlivé výrobě.

Tarif práce na stroji/hod	$N_{SH} = N_{SM} * 60$	800,-
Výroba 24 kusů + 5 % rezerva	$24 * (2,37 * 1,05)$	59,72 min
Počet vyrobených kusů za 24 hod	n_{24}	578,7 ks
doba na vyrobení série	t_s	518,4 dne
+ Časová rezerva	t_{sr}	540 dní
Cena celkové práce na stroji	$N_s = t_{AS} * N_{SM}$	9 953 280 Kč
Cena polotovaru	N_p	1 980 264 Kč
Celková cena nástrojů	N_N	4 529 910 Kč
Výrobní cena součásti	N_D	54,88 Kč

Stejně jako u výroby v přípravcích jsou hodnoty upínání, odepínání a výměn nástrojů zohledněny až v čase dávkovém, který se opět kvůli snadnějšímu porovnání vztahuje na počet 24 kusů.

5 DISKUZE

Zvolený postup výroby se ve srovnání s předešlým osvědčil jako výhodnější v poměrně velkém měřítku.

5.1 Cenová diskuze

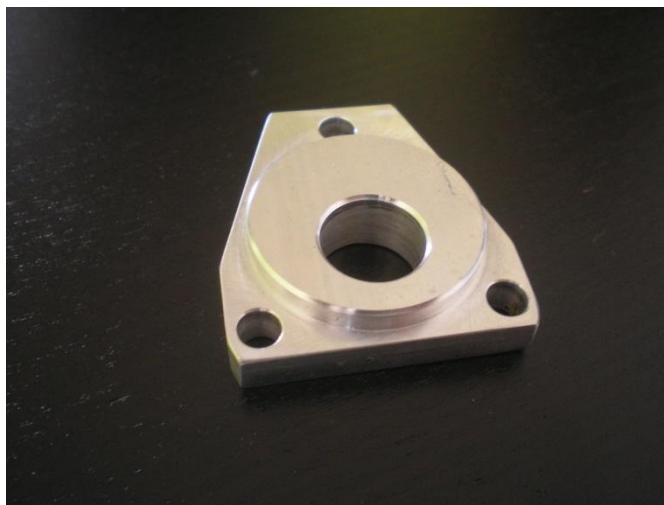
Výsledné hodnoty, které jsou k porovnání jednoznačně ukazují, že nově uzpůsobený druh výroby šetří ve výrobě čas a peníze. Při výrobě sériové klesla cena vyrobené součásti o 20 Kč, což je hodnota při celkové výrobní ceně součásti více než třetinová. Výrobce by si při následném prodeji mohl natavit marži ve výši například 100 %. Samozřejmě celková cena vychází z propočtu, ale je to hodnota pouze uvažovaná, jelikož ji ovlivňují faktory, které jsou v této práci ne zcela podložené a byly by potvrzené až s ohledem na praktickou výrobu. Například životnost nástrojů nemusí přesně odpovídat udaným hodnotám, proto by bylo vhodné vytvořit testovací sérii o určitém počtu kusů, která by dané kritérium potvrdila. Tato hodnota byla udána spíše orientačně a vychází z konzultací. Dalším důležitým ukazatelem je hodinový tarif práce na stroji, který se odvíjí také od praktických zkušeností práce na konkrétním stroji. V této práci zvolená hodnota 800 Kč/hod je orientační, při jiném druhu výroby, například vojenského charakteru by mohla být vyšší, třeba až dvojnásobná. Také při kalkulaci ceny není zohledněna cena výroby přípravků, ale jelikož jde pouze o čtyři kusy, celková cena by se měnila minimálně, navíc je uvažovaná určitá vybavenost podniku a nástroje pro tuto výrobu by nemusely být vůbec dokupovány.

5.2 Zohlednění variant výroby

Tato výroba je jednoduššího charakteru a probíhá na stroji, který je vyroben před více než dvaceti lety. Pokud by bylo možné vytvořit přípravek pro větší počet obráběných součástí, výsledná cena dílce by se nejspíš posunula opět níž, ale v tomto ohledu je výroba limitována parametry stroje a to zejména rozměry pracovního stolu. Výkonově ve většině operací stroj postačuje, nicméně v prostředí s omezeným vybavením je tato otázka častokrát předem vyřešena. Tento fakt dokazuje například výroba upínky, která není na první pohled úplně ideální a mohla by být řešena pomocí laseru, jak už je ale zmíněno, brány v potaz jsou pouze stroje přítomné ve firmě tohoto typu. Taktéž omezujícím faktorem při výrobě na starších typech strojů může být jejich horší dynamická stabilita a proto například otvory s tolerancí H7, který se vyskytuje v této práci, může být dotvářen až na brusce na otvory. Problém by mohl nastat v případě závažné poruchy stroje, jelikož by stroj nemohl být nahrazen a výroba by stála. Část vyrobené série by mohla být vyráběna například v rámci kooperace, z důvodu splnění daného termínu dodání. Výroba přípravku nebyla zahrnuta do celkové doby výroby z toho důvodu, že by bylo vhodné přípravek nejdříve vyrobit a otestovat před převzetím zakázky. Bez tohoto kroku je výroba nepodložená a nemusí fungovat, tak jak bylo podle této práce navrženo.

ZÁVĚR

Tato práce se ve většině obsahu opírá o katalogové hodnoty, po několika radách praktických znalců jsem upravil mimo jiné hodnoty životností nástrojů. Při výrobě by náklady z tohoto pohledu mohly být ještě nižší, protože nebyla zjištěna mezní hranice životnosti a z toho důvodu není doba použití nástrojů ještě prodloužena. Dle vypočtených hodnot je potvrzena vyšší produktivita při použití jednoduchých vylepšení ve výrobě. Tato bakalářská práce poukazuje na variabilitu řešení různých metod výroby v provozech s nedokonalým vybavením, kde často k takovýmto vyvozením dochází. Ve výsledku je vidno, že veškeré potřebné věci k výrobě je možné vyrobit na frézce, kterou je nástrojárna vybavena. Za daných podmínek by bylo možné zhotovit danou zakázku 300 000 kusů za dobu sedmi měsíců. Cena součásti (obr. 10) ve výsledku dosáhla hodnoty 34,75 Kč. Při výrobě jednotlivé by byla doba výroby více než dvojnásobně vyšší, což by se při daném tarifu práce na stroji znatelně podepsalo i na ceně součásti, která by vzrostla na 54,88 Kč. Podle toho tedy je možno usoudit, že pokles ceny na kusu se pohybuje těsně pod hodnotou 40 %. Z hlediska konstrukčního bylo zkontrolováno maximální namáhání upínacích šroubů a bylo zjištěno, že dané velikosti dostačují k upnutí vzhledem k vypočteným hodnotám. Namáhání vycházelo z vypočtené řezné síly. Při kontrole frézování osazení v prvním přípravku bylo uvažováno pouze smykové namáhání šroubu upínky, jelikož obrobek je přitlačován do přípravku samotným nástrojem. U frézování hlavního tvaru součásti v přípravku druhém, je bráno v potaz i namáhání šroubu tahové.



Obr. 10 Vyrobená součást

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. MICHNA, Štefan et al. Encyklopedie hliníku. 1. vyd. Prešov: Adin, 2005. 700 s. ISBN 80-89041-88-4.
2. HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění - 1. část* [online]. 2003 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
3. *Příručka obrábění, kniha pro praktiky*. Praha: Sandvik CZ, s.r.o. a Scientia, s.r.o., 1997. ISBN 91-97 22 99-4-6.
4. *Frézování rovinných ploch* [online]. 2011. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://zoei.sssebrno.cz/frezovani-rovinnnych-ploch/>
5. *Výrobní technologie II: Obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2002. ISBN 80-214-2189-4.
6. HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění - 2. část* [online]. 2004 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf
7. ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.
8. Katalog nářadí. *Hoffmann group* [online]. 2014 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://www.hoffmann-group.com/cz/produkty/katalog-naradi.html>
9. *Alupa* [online]. 2015 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://www.alupa.cz/>
10. KOČMAN, Karel. *Technologické procesy: Obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2011. ISBN 978-80-7204-722-2.
11. PÍŠKA, Miroslav et al. *Speciální technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
12. *Maschinensucher* [online]. 2015 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <https://www.maschinensucher.de/dokumente/2084586.pdf>
13. *Manuální pásové pily. Pegas-Gonda* [online]. 2013 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://www.pegas-gonda.cz/cz/pily/280-60-manual-esh_166.htm.
14. *Technologie výroby II*. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Www.ust.fme.vutbr.cz* [online]. 2002 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TechnVyroby_II.pdf
15. *Spoje ocelových konstrukcí* [online]. 2014 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/kdk/pilgr.m/bo02/bo02_cvi_02.pdf
16. *Šroubové spoje* [online]. 2014 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://homel.vsb.cz/~ros11/Ocel/03a%20Sroubove%20spoje.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
SK	[-]	slinutý karbid
RO	[-]	rychlořezná ocel
HBW	[-]	tvrdost dle Brinella

Symbol	Jednotka	Popis
A_D	$[\text{mm}^2]$	plocha nejmenšího průřezu šroubu
A_S	$[\text{mm}^2]$	průřez nejmenšího průměru šroubu
B	$[\text{mm}]$	šířka frézování
D	$[\text{mm}]$	průměr (nástroje
F	$[\text{N}]$	síla namáhající smykového namáhání
F_c	$[\text{N}]$	řezná síla
F_p	$[\text{N}]$	síla předpětí
F_s	$[\text{N}]$	únosnost šroubu při kombinovaném namáhání
F_t	$[\text{N}]$	únosnost šroubu v tahu
L	$[\text{mm}]$	délka obráběné plochy
N	$[\text{Kč}]$	cena jedné tyče polotovaru
N_D	$[\text{Kč}]$	výrobní cena součásti
N_N	$[\text{Kč}]$	celková cena nástrojů
N_S	$[\text{Kč}]$	celková cena práce na stroji
N_{SH}	$[\text{Kč}]$	tarif práce na stroji za hodinu
N_p	$[\text{Kč}]$	celková cena polotovaru
P_c	$[\text{kW}]$	výkon na vřetenu frézky
P_m	$[\text{kW}]$	potřebný výkon elektromotoru
Ra	$[\mu\text{m}]$	střední aritmetická úchylka profilu

S	[mm ²]	plocha průřezu
a _e	[mm]	šířka frézování
a _p	[mm]	šířka záběru
b _D	[mm]	šířka třísky
f _{ub}	[MPa]	mez pevnosti
f _z	[mm]	posuv na zub
h _D	[mm]	tloušťka třísky
i	[-]	počet třísek
k	[-]	součinitel zohledňující tvar a velikost díry
k _c	[MPa]	měrná řezná síla
k _s	[-]	koeficient zohledňující velikost a tvar díry pro šroub
l _s	[mm]	celková délka kusového polotovaru
l _p	[mm]	celková délka polotovaru
n	[min ⁻¹]	otáčky vřetena stroje
n ₂₄	[ks]	počet vyrobených kusů za 24 hod
n _t	[ks]	počet součástí z jedné tyče
n _{tyč}	[ks]	potřebný počet tyčí pro celou výrobu
n _z	[-]	počet zubů v záběru
t _{AS}	[min]	strojní čas
t _{AC}	[min]	celkový čas
t _{BC}	[min]	dávkový čas
t _s	[den]	doba na vyrobení série
t _{sr}	[den]	časová rezerva
v _c	[m*min ⁻¹]	řezná rychlost

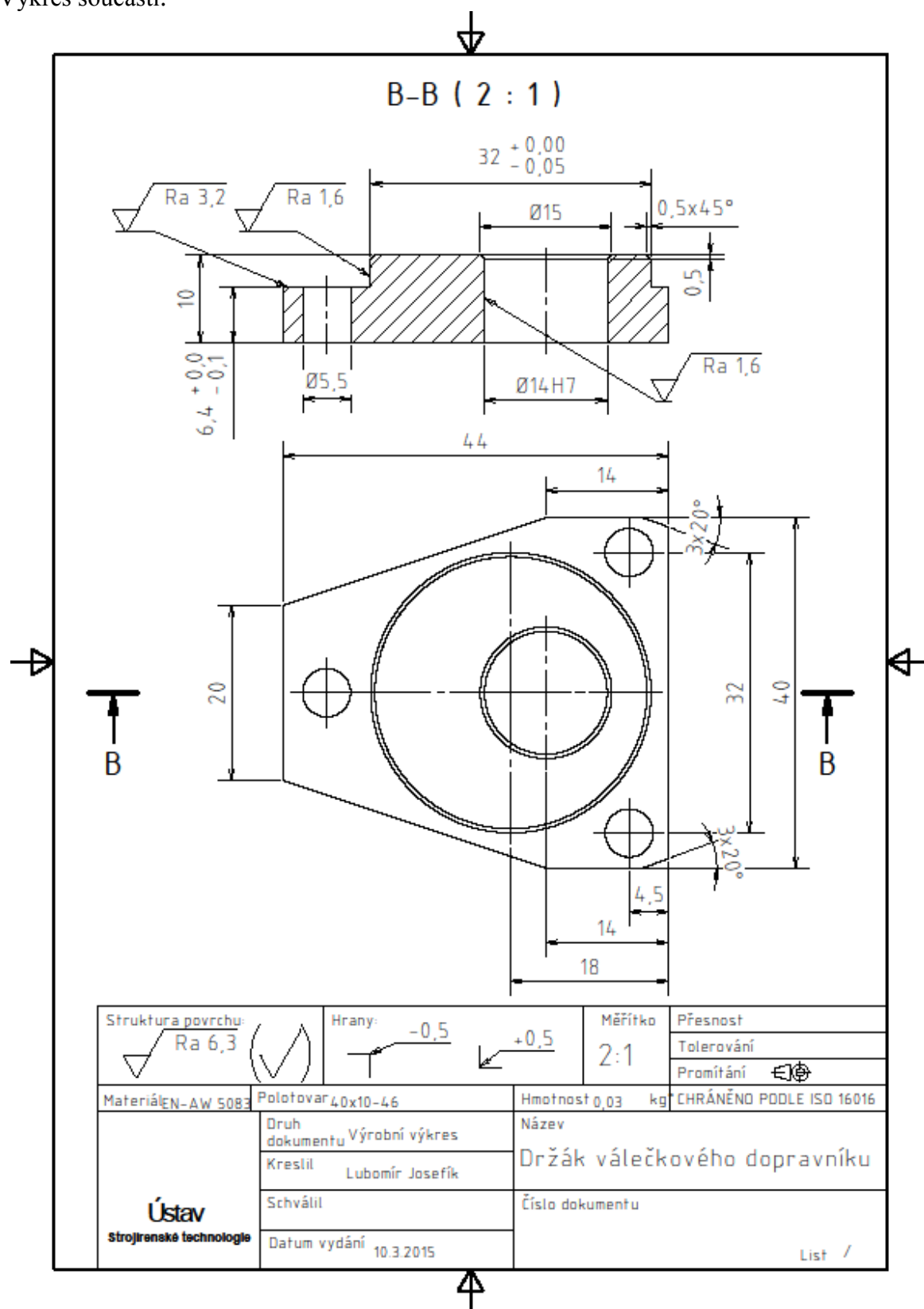
v_f	$[\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$	posuvová rychlost
z	$[-]$	počet zubů frézy
γ_M	$[-]$	součinitel spolehlivosti materiálu
κ	$[\circ]$	nástrojový úhel ostří
μ	$[-]$	součinitel tření
σ_v	$[\text{MPa}]$	dovolené napětí ve smyku
ϕ_t	$[\circ]$	úhel záběru pro jednotlivé zuby

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres součásti
Příloha 2	Technologický postup sériové výroby
Příloha 3	Technologický postup kusové výroby
Příloha 4	Technologický postup výroby přípravku 1
Příloha 5	Technologický postup výroby přípravku 2
Příloha 6	Technologický postup výroby upínky
Příloha 7	Výkres přípravku 1 - Výřez
Příloha 8	Výkres přípravku 2 - Výřez
Příloha 9	Katalogový list Traub TVC 200P
Příloha 10	Výkres upínky
Příloha 11	Přípravek 1
Příloha 12	Přípravek 2

PŘÍLOHA 1

Výkres součásti.



PŘÍLOHA 3

Technologický postup kusové výroby.

VUT BRNO FSI ÚST		VÝROBNÍ POSTUP			Název celku :	Nézev skupiny :		Název součásti : Držák válečkového dopravníku		Číslo výkresu součásti :		Vydání postupu :	
Datum :		Vyhotovil : Lubomír Josefík		Kontroloval :	Polotovar : 40x10-46	42 4415 (EN AW 5083)		HT :			Číslo listu :		
Číslo op. pořadové :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje :	Výrobní podmínky :							
	Orientační :					Třídící číslo :	v_c m.min ⁻¹	n	a_c	l	up.ks.	Třída :	t_{AS} [min.ks ⁻¹]
						f	a_p	i	obsl.str.	Kč	t_{AC} [min.ks ⁻¹]	t_{BC} [min]	
0.0	Pásová pila PEGAS 280/60 .05961	REZARNA	ŘEZAT MATERIÁL NA CELKOVOU DÉLKU 46±0,2										
1.1	Traub TVC 200 P 45213	OBROBNA	UPNOUT POLOTOVAR ZA ROZMĚR 40 FRÉZOVAT KONTURU Ø32 FRÉZOVAT ŘEZANÉ PLOCHY VRTAT DÍRU Ø5,5 PRUCHOZI VRTAT DÍRU Ø13,8 PRUCHOZÍ VYSTRUŽIT DÍRU Ø13,8 NA Ø14H7	FRÉZA GARANT Ø10 202548	SK	480	8000	5,0	385,3	1		0,18	
2.2	Traub TVC 200 P 45213	OBROBNA	UPNOUT SOUČÁST ZA ROZMĚR 44 FRÉZOVAT HLAVNÍ TVAR	FRÉZA GARANT Ø10 202548	SK	480	8000	5,0	180,9	1		0,09	

PŘÍLOHA 4

Technologický postup výroby přípravku 1.

VUT BRNO FSI ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název celku :	Název skupiny :	Název součásti : Přípravek 1	Číslo výkresu součásti :		Vydání postupu :				
Datum :		Vyhotovil : Lubomír Josefík		Kontroloval :	Polotovár :246x22-396 ČSN EN 10058 12050		HT :		Číslo listu :				
Číslo op. pořadové :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílňa :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje :	Výrobní podmínky :							
	Orientační :					v_c m.min ⁻¹	n	a_c	l	up.ks.	Třída :	t_{AS} [min.ks ⁻¹]	
	Třídící číslo :					f	a_p	i	obsl.str.	Kč	t_{AC} [min.ks ⁻¹]	t_{BC} [min]	
1.1	VERTIKÁLNÍ FRÉZKA TRAUB TVC 200P 45213	OBROBNA	UPNOUT POLOTOVAR	FRÉZA GARANT Ø9	RO	64	2260	9	256	1		45,31	
			FRÉZOVAT DRÁŽKY 9x246 DO HLOUBKY 4	19 1250			0,01	2	24				
			FRÉZOVAT 51x22 DO HLOUBKY 4	FRÉZA GARANT Ø10	RO	64	2037	10	141	1		36,91	
			FRÉZOVAT DRÁŽKY PRO UPÍNKY 26x15	191 250			0,02	2	24				
			DO HLOUBKY 10	FRÉZA GARANT Ø6	RO	64	3395	6	70	1		23,56	
			VRTAT DÍRY PRO UPÍNKU Ø4,2	191520			0,01	1,5	24				
			VRTAT DÍRY Ø6	VRTÁK GARANT Ø4,2	RO	70	5305		14	1		18,96	
			FRÉZOVAT DÍRU Ø25	122100			0,08		24				
			VRTAT DÍRU Ø15	ZÁVITNÍK GARANT M5	RO	18	1145		14	1		8,64	
				134250			0,8		24				
	VRTÁK GARANT Ø15	SK	70	1485		22	1		1,2				
	122440			0,32		24							
	VRTÁK HOLEX Ø6	SK	65	3348		22	1		4,73				
	122394			0,1		72							

Technologický postup výroby přípravku 2.

VUT BRNO FSI ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název celku :	Název skupiny :	Název součástí : Přípravek 2		Číslo výkresu součástí :		Vydání postupu :						
Datum :		Vyhotovil : Lubomír Josefík	Kontroloval :	Polotovár : 246x27-400 ČSN EN 10058 12050				HT :			Číslo listu :					
Číslo op. pořadové :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílňa :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje :	Výrobní podmínky :										
	Orientační :					Třídící číslo :	v _c m.min ⁻¹	n	a _c	l	up.ks.	Třída :	t _{AS} [min.ks ⁻¹]			
		f	a _p	i	obsl.str.	Kč									t _{AC} [min.ks ⁻¹]	t _{BC} [min]
1.1	VERTIKÁLNÍ FRÉZKA TRAUB TVC 200P 45213						OBROBNA	UPNOUT POLOTOVAR FRÉZOVAT DÍRY Ø32H8 DO HLOUBKY 3,5 VRTAT DIRY Ø6,8 mm PRO ZÁVIT M8 VRTAT DÍRY Ø5,5 VRTAT DIRY Ø11 VRTAT ZAHLOUBENÍ Ø18 DO HLOUBKY 10,6 VRTAT DIRY Ø10 FRÉZOVAT DÍRY Ø25 ŘEZAT ZÁVIT M8	FRÉZA GARANT Ø12 191320 FRÉZA GARANT Ø12 191580 VRTÁK HOLEX Ø6,8 122394 VRTÁK HOLEX Ø5,5 122394 VRTÁK HOLEX Ø11 122394 VRTÁK HOLEX Ø18 122394 VRTÁK HOLEX Ø10 122394 ZÁVITNÍK GARANT M8 131280	RO	64	2200	12	109		
					RO	138	3660	12	62,8						3,43	
					SK	65	3042		27,5						2,16	
					SK	65	3348		29						2,16	
					SK	65	1880		29						0,52	
					SK	65	1149		11,6						0,24	
					SK	65	2069		29						0,24	
					RO	18	716		26						0,72	
							1,25		24							

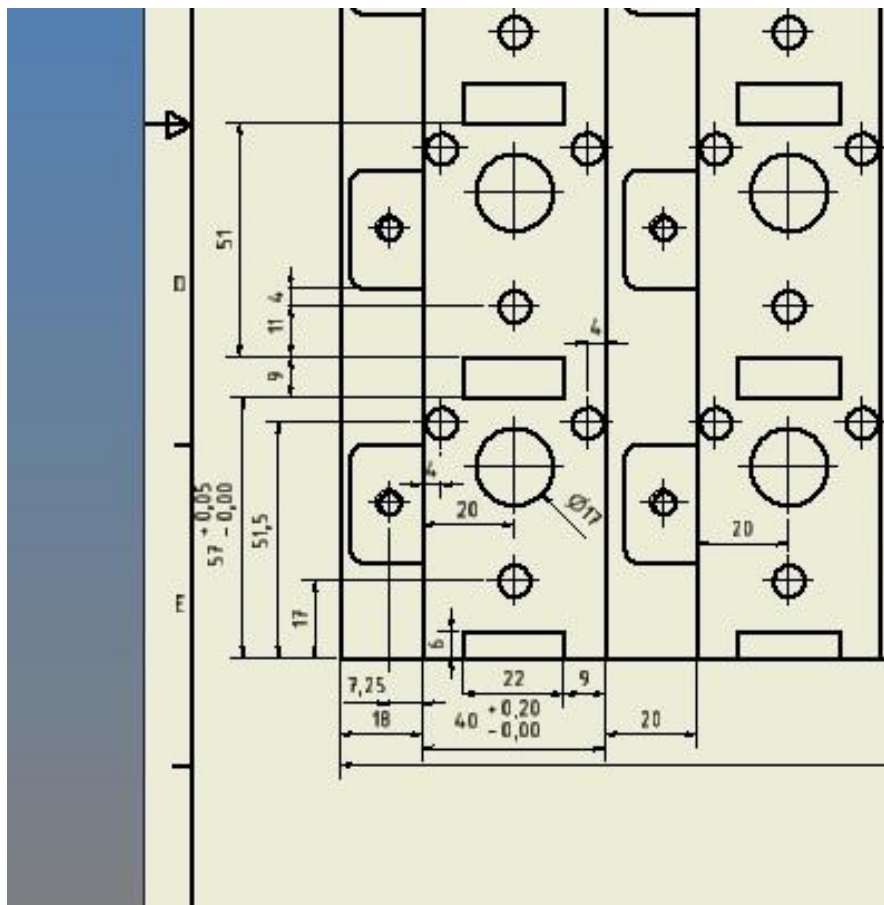
PŘÍLOHA 6

Technologický postup výroby upínky.

VUT BRNO FSI ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název celku :	Nézev skupiny :	Název součástí : Upínka	Číslo výkresu součástí :		Vydání postupu :				
Datum :		Vyhotovil : Lubomír Josefík		Kontroloval :	Polotovár :30x15-20 ČSN EN 10058 12050				HT :				Číslo listu :
Číslo op. pořadové :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje :	Výrobní podmínky :							
	Orientační :					Třídící číslo :	v_c m.min ⁻¹	n	a_c	l	up.ks.	Třída :	t_{AS} [min.ks ⁻¹]
						f	a_p	i	obsl.str.	Kč	t_{AC} [min.ks ⁻¹]	t_{BC} [min]	
1.1	Traub TVC 200 P 45213	Obrobna	UPNOUT POLOTOVAR	VRTÁK GARANT Ø5,5 122150	SK	90	5208		25	1		0,06	
			VRTAT Ø5,5 PRUCHOZI				0,08	1					
			VRTAT ZAHLOUBENÍ Ø10 DO HLOUBKY 5,5	RO	27	859		7,5	1		0,07		
			FRÉZOVAT KONTURU				0,12	1					
			FRÉZOVAT ZAOBLENÍ R1,5	FRÉZA GARANT Ø6 191290	RO	64	3395		153	1	4,51		
				RÁDIUSOVÁ FRÉZA GARANT Ø3 207135	SK	70	7427		110	1	1,48		
						0,01	2	1					
2.2	Traub TVC 200 P 45213	Obrobna	OTOČIT SOUČÁST ZAFIXOVAT,VYSTŘEDIT PŘES Ø5,5 FRÉZOVAT DOSEDOVOU PLOCHU	RÁDIUSOVÁ FRÉZA GARANT Ø3 207135	SK	70	7427		355	1		4,81	
						0,01	0,5	1					

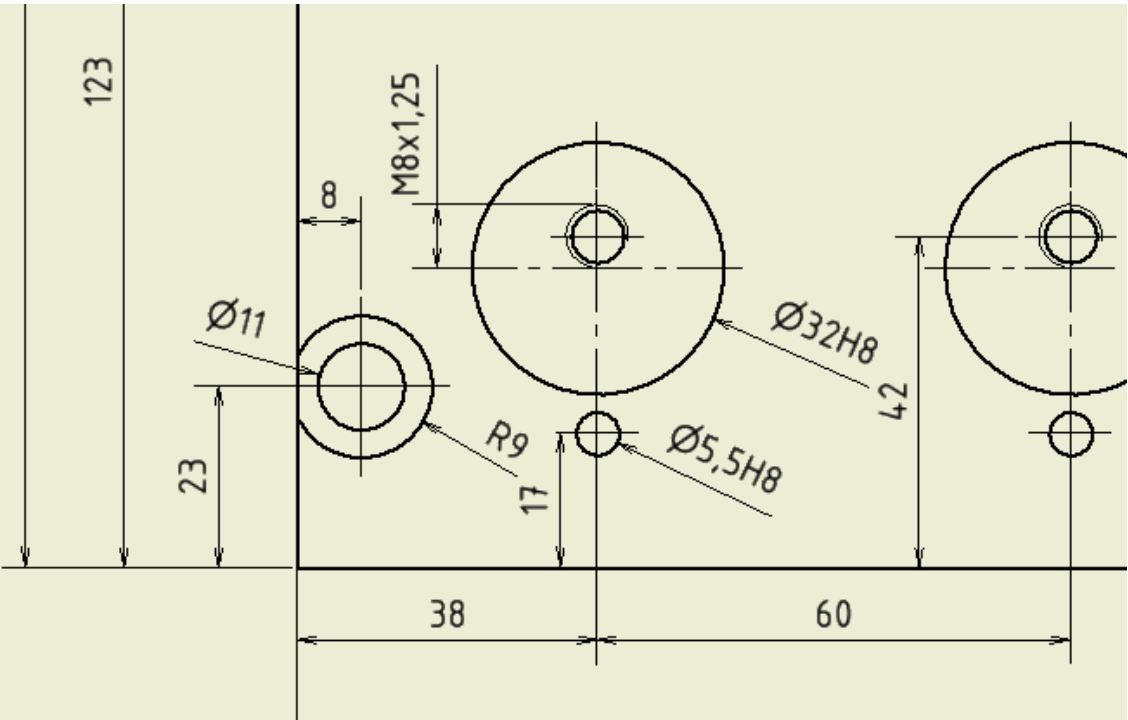
PŘÍLOHA 7

Výkres přípravku 1 – výřez.



PŘÍLOHA 8

Výkres přípravku 2 – výřez.



PŘÍLOHA 9

Katalogový list Traub TVC 200P [11].

Machining Center - Vertical TRAUB TVC 200P



stock-no.:	0200858
type of machine:	Machining Center - Vertical
make:	TRAUB
type:	TVC 200P
year of manufacture:	1993
type of control:	CNC
country of origin:	Germany
storage location:	Leipzig 1
delivery time:	immediately
freight basis:	EXW -free on truck
price:	on request



technical details

x-travel:	400 mm
y-travel:	300 mm
z-travel:	400 mm
spindle turning speed range:	8000 U/min
control:	Fanuc OM
clamping table:	500x300 mm
magazine place:	16 Stück
tool taper:	SK40
distance work spindle /surface of the table:	50-450 mm
numbers of pallets:	2 Stück/part
total power requirement:	10 kW
weight of the machine ca.:	2,5 t
dimension machine LxWxH:	2,4x1,8x2,5 m
transport measurements:	2,45x1,8x2,5 m

additional information

electric cabinet
coolant device
swarf conveyor
machine has no parameters! sale as is.

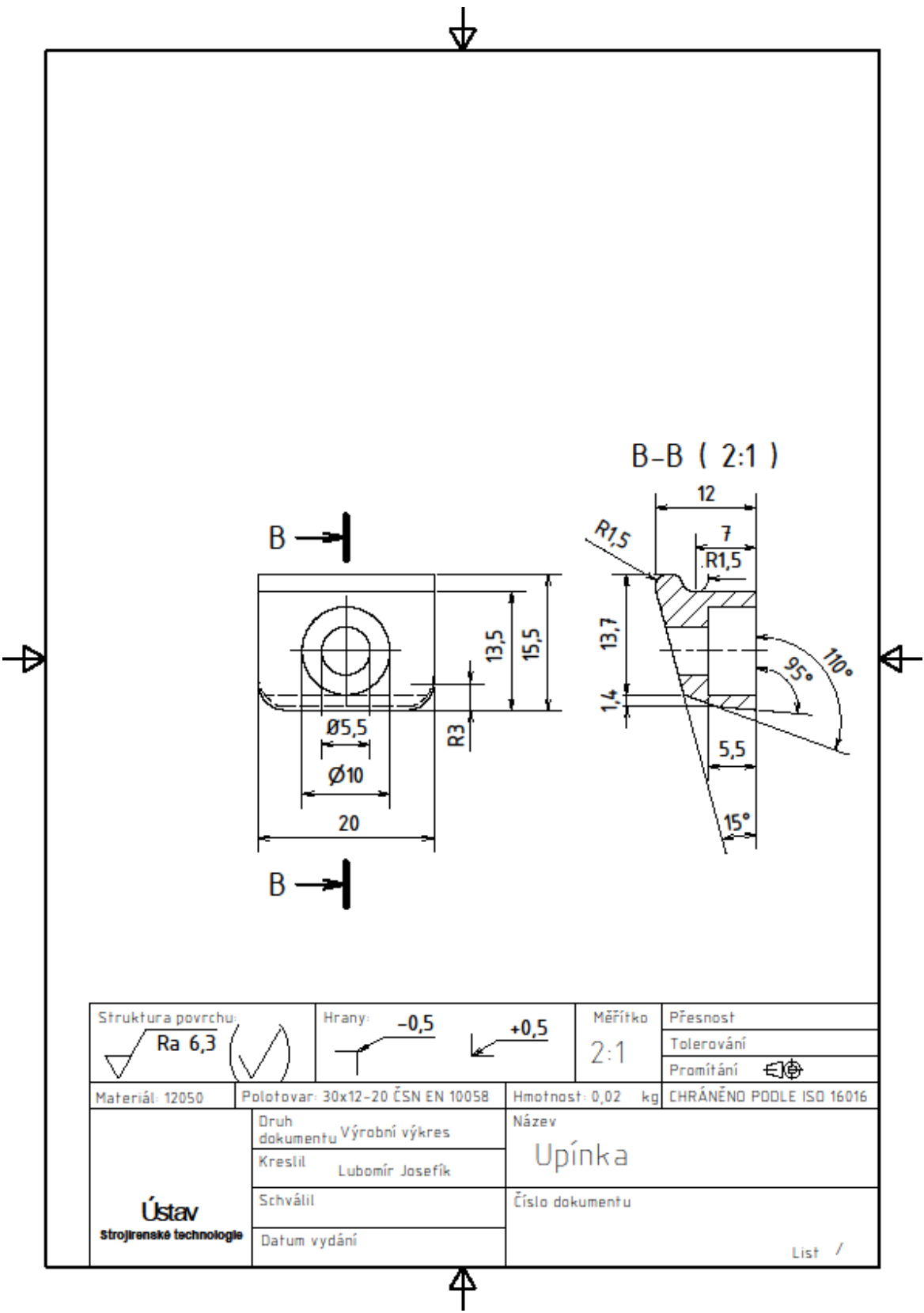
WMW AG
Messeallee 10a
D-04158 Leipzig

Tel: +49 (0341) - 52 04 60
Fax: +49 (0341) - 52 04 61 7

Email: info@wmwag.com
Web: <http://www.wmwag.com>

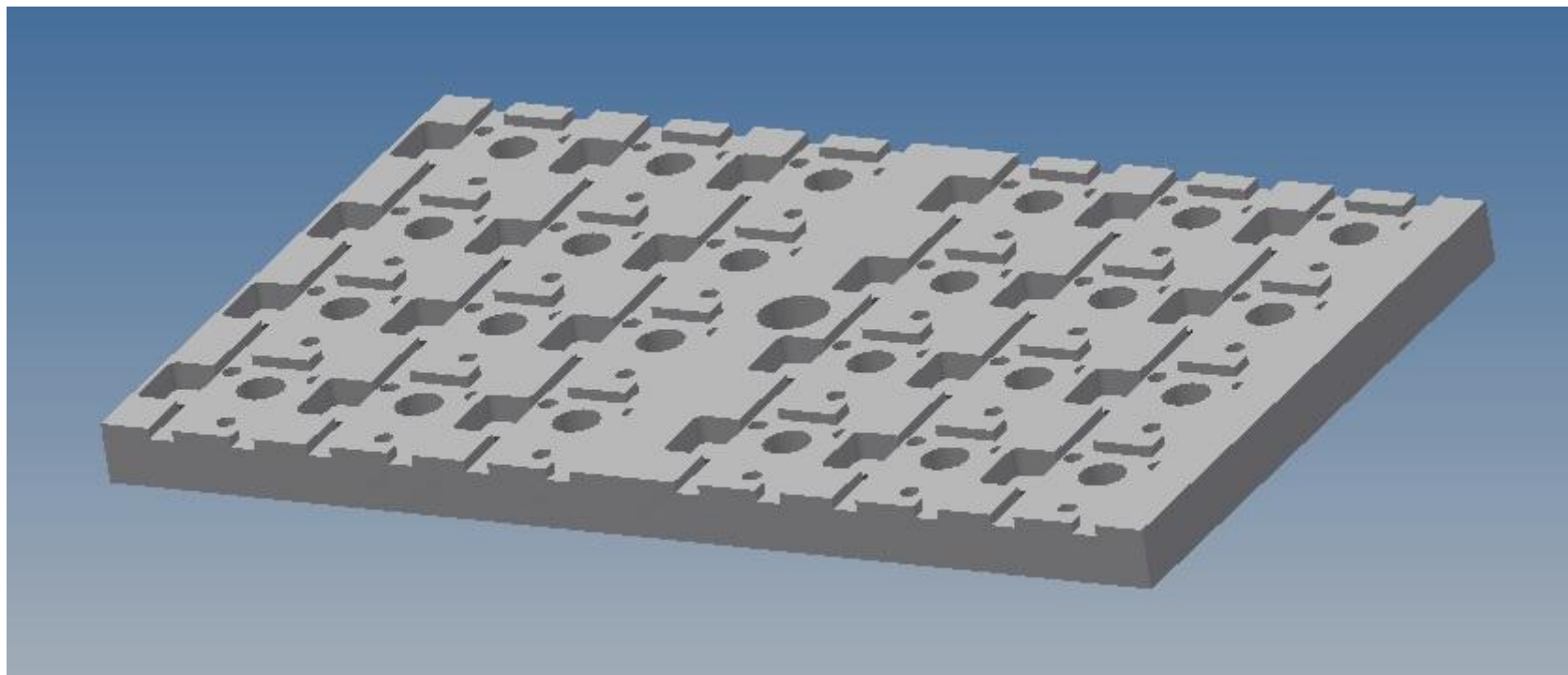
PŘÍLOHA 10

Výkres upínky.



PŘÍLOHA 11

Přípravek 1.



PŘÍLOHA 12

Přípravek 2.

