



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**RACIONALIZACE TECHNOLOGIE VÝROBY HLINÍKOVÝCH
SOUČÁSTÍ SE ZAMĚŘENÍM NA NÁSTROJE**

RATIONALIZATION OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF ALUMINUM PARTS FOCUSED ON
CUTTING TOOLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Langpaul

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Josef Chladil, CSc.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Jiří Langpaul**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **doc. Ing. Josef Chladil, CSc.**
Akademický rok: 2017/18

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:

Racionalizace technologie výroby hliníkových součástí se zaměřením na nástroje

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Nástrojové vybavení pro technologie výroby hliníkových součástí.

Cíle bakalářské práce:

- Výběr představitele součásti pro tvorbu technologie.
- Zhodnocení technologičnosti.
- Analýza současné technologie výroby.
- Návrh nové technologie s aplikací produktivního nástrojového vybavení.
- Ekonomické posouzení a závěr.

Seznam doporučené literatury:

FOREJT, M. a M. PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

PÍŠKA, M. a kol. Speciální technologie obrábění. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění: kniha pro praktiky. Přeložil M. KUDELA. AB Sandvik Coromant. Praha: Scientia, 1997. ISBN 91-972299-4-6.

ZEMČÍK, O. Technologická příprava výroby. Brno: CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-x.

SHAW, M. C. Metal Cutting Principles. 2nd ed. New York Oxford University Press, 2005. 651 p. ISBN 0-19-514206-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá racionalizací technologie výroby vybrané součásti. Úvodní část práce obsahuje seznámení s firmou STROJTEX a stručný popis dané součásti. V následující kapitole je proveden rozbor současné výrobní technologie, včetně popisu využitých technologií. Závěrečná část práce je věnována návrhu racionalizačního opatření a ekonomickému zhodnocení.

Klíčová slova

obrábění, hliník, technologie výroby, analýza

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with rationalization of production technology of selected component. The first part contains a brief introduction of the company Strojtex and description of the product. The following section is an analysis of existing manufacturing technology. Finally there has been developed a new technological proces and economical evaluation.

Key words

machining, aluminium, production technology, analysis

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

LANGPAUL, J. *Racionalizace technologie výroby hliníkových součástí se zaměřením na nástroje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 50s.

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Josef Chladil, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Racionalizace technologie výroby hliníkových součástí se zaměřením na nástroje** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

23.5.2018

Datum

Jiří Langpaul

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto svému vedoucímu práce doc. Ing. Josefu Chladilovi, Csc. za umožnění zpracování tématu, jeho připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat společnosti REKON spol. s.r.o., divize STROJTEX, kde mi bylo umožněno tuto práci vytvořit, zejména oddělení TPV za vstřícný přístup a cenné rady.

Poděkování patří i mé rodině, která mě nejen při tvorbě této práce, ale i po celou dobu studia podporovala a vytvořila ideální pracovní prostředí.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI STROJTEX.....	10
2 POPIS VYBRANÉ SOUČÁSTI.....	13
2.1 Konstrukce součásti	13
2.2 Využití vybraného produktu	14
2.3 Materiál.....	14
2.3.1 Hliník	14
2.3.2 Slitiny hliníku	15
2.3.3 Slitina AlCu4MgSi(A).....	15
2.4 Hmotnost součásti.....	16
3 ROZBOR STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY	18
3.1 Polotovar součásti	18
3.2 Stávající technologický postup	18
3.3 Technické údaje strojů	20
3.4 Použité nástroje.....	24
3.5 Využití technologie obrábění	28
3.5.1 Frézování	28
3.5.2 Obrábění děr	29
3.5.3 Výroba závitů.....	30
3.5.4 Zahlubování	31
4 NÁVRH RACIONALIZAČNÍHO OPATŘENÍ	32
4.1 Sestavení nového technologického postupu	33
4.2 Použité nástroje v novém technologickém postupu.....	35
4.3 Výpočet řezných podmínek	39
4.4 Výpočet výrobního času	40
5 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ	42
ZÁVĚR	44
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	45
SEZNAM TABULEK	46

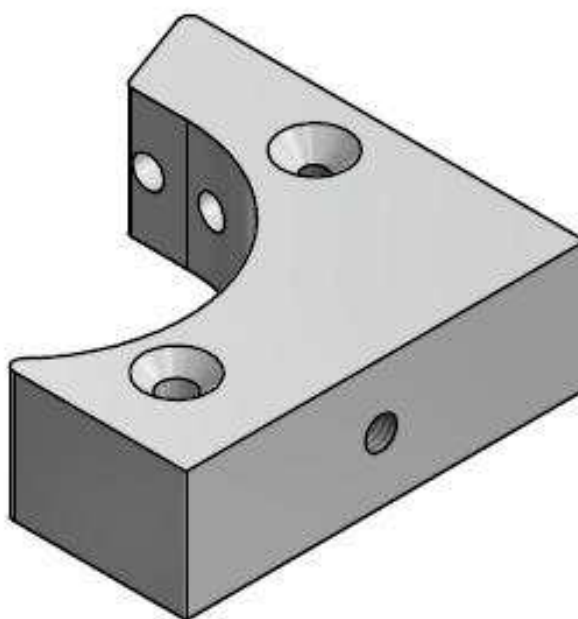
SEZNAM OBRÁZKŮ	47
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	48
SEZNAM PŘÍLOH.....	50

ÚVOD

Tato bakalářská práce je zaměřena na racionalizaci technologie výroby součásti typu klín (obr. 1) pro REKON spol. s.r.o., divize STROJTEX. Společnost byla oslovena, z důvodu mé praxe v tamní výrobě a také protože se nachází v místě mého trvalého bydliště, tudíž její výrobní pracoviště jsou mi již známa. Součást byla zvolena z důvodu vysoké zmetkovitosti a časové náročnosti při současném postupu výroby. Kvůli přechodu ze zkušební výroby na výrobu sériovou se racionalizace stává nezbytnou.

Úvodní kapitola je věnována krátkému představení firmy STROJTEX. V první části práce je rozebírána technologičnost součásti a rozbor stávající technologie výroby. Druhá část se zabývá návrhem varianty racionalizace výroby a ekonomickým zhodnocením stávajícího a nového technologického postupu.

Téma této práce bylo zvoleno, protože se jedná o reálnou problematiku a tímto způsobem byla možnost ověřit si v praxi znalosti, které byly načerpány během studia na Vysokém učení technickém v Brně. Nespornou výhodou je také získání praktických zkušeností nejen z oblasti samotných technologií výroby, ale i z oblasti firemního managementu.



Obr. 1 Model zvolené součásti.

1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI STROJTEX

STROJTEX (obr. 2) byl založen 1. dubna 1958 ve Dvoře Králové nad Labem v Královéhradeckém kraji jako státní podnik. V té době byla předmětem činnosti malosériová a kusová výroba náhradních dílů pro textilní stroje. Již od svého založení se tato společnost soustředila převážně na výrobu a vývoj zařízení pro jutařský, lnářský průmysl a přádelny bavlny. V současnosti se firma STROJTEX stala dceřinou společností firmy REKON spol. s.r.o., mateřská společnost nyní zaměstnává 150 pracovníků a je primárně orientována na výrobu dílců pro automobilový, textilní, energetický, stavební a nábytkářský průmysl. [1]



Obr. 2 REKON spol. s.r.o., divize STROJTEX [1].

Aby mohla společnost být konkurenceschopná, prosperující a udržela si ekonomickou výkonnost, je zcela nezbytné využívat systémy, zabezpečují kvalitu výrobků. Díky těmto systémům se neustále zlepšuje kvalita firmy a samozřejmě spokojenost zákazníka. Kvalita výrobků je rozhodujícím faktorem pro existenci firmy a její pozici na trhu, tudíž k základním cílům společnosti patří řízení kvality (Quality management). V roce 2015 firma získala certifikát řízení jakosti dle požadavků normy ISO 9001 a ISO 14001. Nejen díky důrazu na kvalitu, ale také kvůli využívání moderních technologií při výrobě, společnost dlouhodobě spolupracuje s několika významnými tuzemskými, ale i zahraničními partnery.

Podnik je rozdělen na čtyři výrobní úseky, které mezi sebou spolupracují.

- **Obrábění**

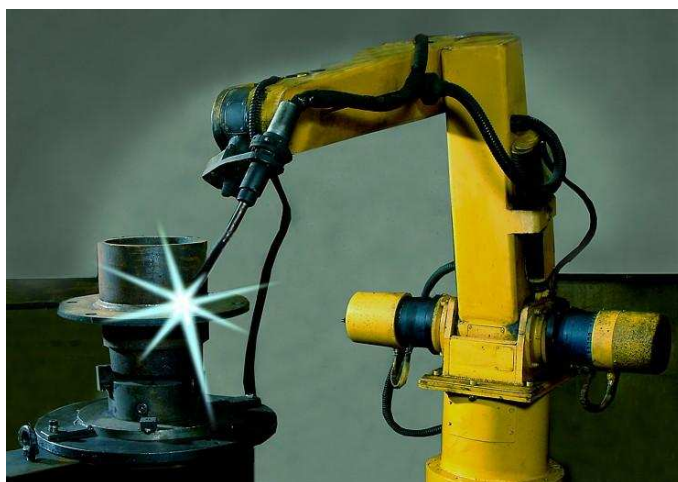
Společnost se specializuje na výrobu a montáž strojírenských dílů, při které kombinuje moderní technologie s ruční prací. Jedná se o CNC frézování a obrábění s využitím CAD/CAM technologie. K dispozici jsou tři až pětiosá obráběcí centra (obr. 3). STROJTEX mimo jiné nabízí výrobu ozubení, při které dosahuje běžné přesnosti třídy IT8.



Obr. 3 Pětiosé obráběcí centrum [2].

- **Svařování**

Tato část výroby je zaměřena na produkci transformátorových jader a dalších svařenců pro stavební a nábytkářský průmysl. Společnost zajišťuje kusovou i sériovou výrobu pomocí robotických center a automatů (obr. 4).



Obr. 4 Svářecí robot OJ 10 [2].

- **Lisování kovů**

Lisovna kovů se zabývá tvářením na lisech s uzavírací silou do 160 tun, stříhání na tabulových nůžkách, děrování a dělení profilů. Také se zabývá návrhem a výrobou ohýbacích, blokových a kombinovaných nástrojů.



Obr. 5 Ukázka z lisovny kovů udírna grilu [2].

- **Speciální aplikace**

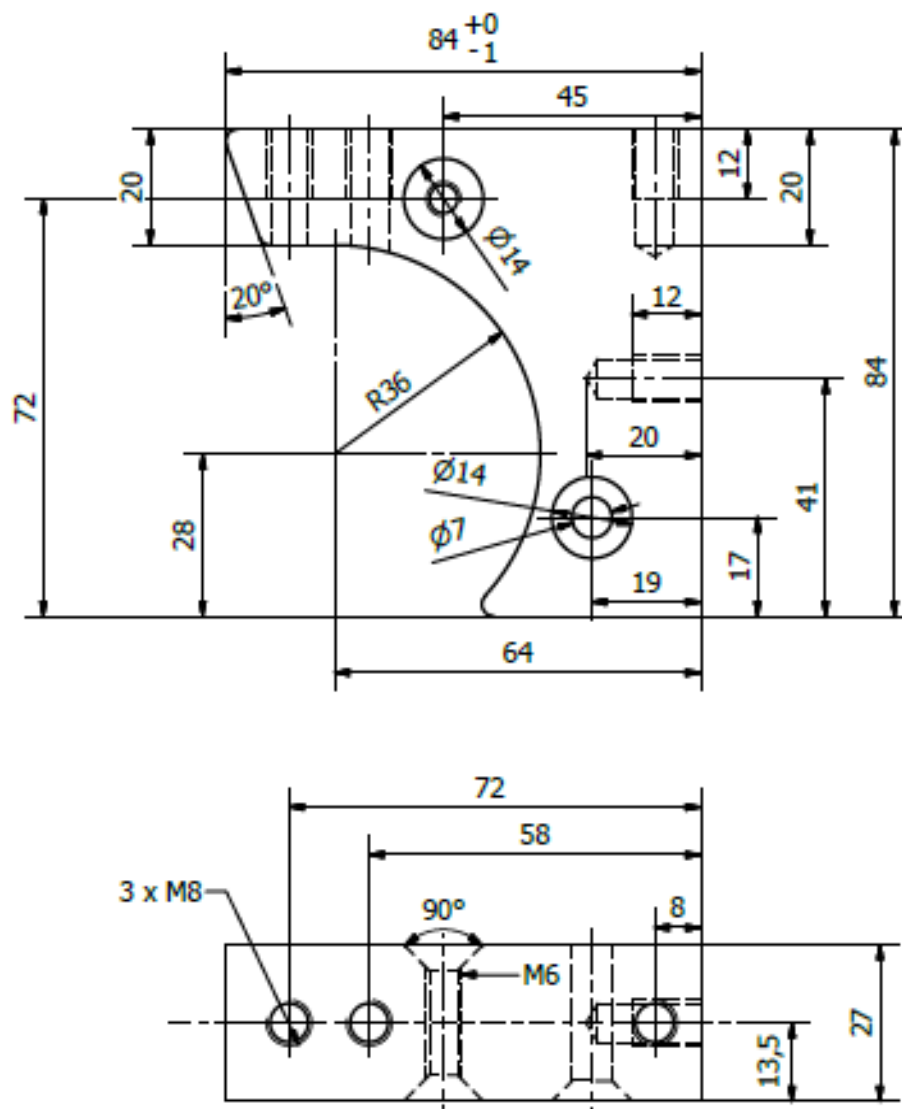
Společnost zajišťuje vývoj a výrobu vlastních produktů např. zvedací plošiny (obr. 6), svěráky, grilovací zařízení, které nacházejí uplatnění u firem a koncových zákazníků. Vlastní produkty této firmy využívají například čistírny a spalovny, společnosti podnikající v energetickém, potravinářském a automobilovém průmyslu.



Obr. 6 Hydraulická zvedací plošina [2].

2 POPIS VYBRANÉ SOUČÁSTI

Tato kapitola se bude zabývat popisem, praktickým využitím, materiálovým rozбором a zjištěním hmotnosti vybrané součásti (obr. 7). Výkres součásti (příloha 1).



Obr. 7 Ukázka z výkresu součásti.

2.1 Konstrukce součásti

V tomto případě se jedná o plochou součást s rozměry 84 x 84 - 27 mm. Z jedné strany dílu je vyfrézován rádius R36. Některé rozměry jsou tolerovány. Je to především drsnost povrchu Ra 12,5 u R36 a u zkosené strany, která je pod úhlem 20°. Délka součásti 84 mm je také tolerována, kvůli dobrému dosednutí na centrovanou součást.

Na rovných stranách jsou vytvořeny 4 závity M8. Na čele klínu se nachází díra s průměrem 7 mm a zahloubením pro hlavu šroubu, dále díra se závitem M6, která je zahloubená z obou stran pod úhlem 90°. Výkres součásti byl vytvořen v programu Autodesk Inventor Professional 2018 (příloha 1).

2.2 Využití vybraného produktu

Klíny slouží k vytvoření rozebíratelného spojení strojních součástí a k přenosu otáčivého momentu. Mohou být uloženy příčně a podélně (klínové spoje drážkové, vsazené, ploské a tangenciální). Klíny, které jsou umístěny kolmo k ose spojovaných součástí, se nazývají příčné. Podélné klíny jsou situovány rovnoběžně s osou spojovaných součástí. [3] Tento klín je využíván v textilních strojích, které vyšívají vlnu.

2.3 Materiál

Dle výkresu (příloha 1) je předepsán materiál $\text{AlCu}_4\text{MgSi(A)}$ dle ČSN EN 485-4.

2.3.1 Hliník

I když se jedná o jeden z nejrozšířenějších kovů v přírodě a dnes je druhým nejpoužívanějším kovem po železe, byl hliník laboratorně objeven až v roce 1825. Chemickou redukcí draslíku jej laboratorně získal dánský fyzik Christian Oersted. V letech 1887-1888 byly postaveny první hliníkové hutě, kde začal prudký rozvoj průmyslové výroby. Byla snaha tepelně zpracovat slitinu hliníku, která bude mít vyšší pevnost a tvrdost. Díky vytvrzování v roce 1906 se podařilo u slitiny AlCu_4Mg dosáhnout tvrdosti až 110 HB. To znamenalo velký převrat ve stavbě letadel a vzducholodí. Díky velkému objemu výroby, klesala jeho cena a rozšiřovalo se jeho využití. V dnešní době v podstatě není oblast průmyslu, kde bychom se s hliníkem a jeho slitinami nesetkali.

Tab. 1 Mechanické vlastnosti Hliníku [4].

Pevnost v tahu R_m	pod 100 [MPa]
Mez kluzu R_e	20 [MPa]
Tvrdost podle Brinella	20 až 30 [HB]

Hliník je bělavě šedý nepolymorfní kov, který má kubickou plošně centrovanou (FCC) krystalickou mřížku, nízkou měrnou hmotnost (2700 kg/m^3) a teplotu tání 660°C . Velkými výhodami jsou dobrá tepelná a elektrická vodivost, tvárnost za studena i za tepla, vysoká měrná kapacita a dobrá svařitelnost. Na vzduchu je hliník stálý. Na jeho povrchu se vytváří vrstva Al_2O_3 , která jej chrání před další oxidací. Nevýhodou je nízká tvrdost a velice obtížné třískové obrábění. [4]

- **Výroba hliníku**

Nejdůležitější surovinou pro výrobu hliníku je bauxit, což je hydratovaný oxid hlinitý (obsah kolem 50%) s železem, křemíkem a titanem. Moderní výroba je poměrně složitý proces a sestává se ze dvou etap. První stupeň je příprava čistého oxidu hlinitého a druhým stupněm je výroba elektrolytickým způsobem. Zhotovení hliníku z primárních surovin je energeticky náročná. K výrobě 1 t hliníku je potřeba 4 t bauxitu, 20 GJ tepelné energie a 14 MWh elektrické energie. Získaný hliník má vysokou čistotu až 99,9%. [4]

2.3.2 Slitiny hliníku

Čistý hliník je pro konstrukční účely zcela nevyhovující (kvůli špatným mechanickým vlastnostem). Mnohem důležitější je jeho uplatnění ve formě slitin, kde přísadové prvky zvyšují pevnost a tvrdost při zachování malé hustoty. Ve většině případů si zachovávají i odolnost proti korozi. Tyto vlastnosti charakterizují slitiny hliníku jako v podstatě dokonalý materiál pro automobilový a letecký průmysl. Samozřejmě se s nimi setkáme i v jiných odvětvích jako např. v potravinářském průmyslu (potravinové obaly). Mechanické a technologické vlastnosti hliníku je možno vylepšit přísadami dalších prvků. Hlavní přísady, které se vyskytují ve slitinách hliníku, jsou měď, křemík a hořčík, vzácně také zinek, nebo mangan. Podle prvků se slitiny hliníku dělí na základní typy s běžnými názvy: siluminy (slitiny Al – Si), duralaluminium (Al – Cu), hydronalium (Al – Mg). [4]

2.3.3 Slitina $\text{AlCu}_4\text{MgSi(A)}$

Klín bude vyroben z materiálu, který je dle normy ČSN EN 485-4 (EN 485-1). Tento konstrukční materiál má střední pevnost, je dobře obrobitelný. Není chemicky odolný, je velice citlivý k mezikrystalové korozi (ztrácí mechanickou pevnost), při svařování je náchylný k tvorbě prasklin a trhlin. Za tepla je dobře tváritelný, za studena se významně zvyšuje jeho pevnost. Slitina AlCu_4MgSi je vhodná pro součásti a konstrukční prvky letadel, vlaků, automobilů a ostatních dopravních prostředků. Je využívána zejména do konstrukcí, které jsou nýtované a šroubované. [5]

Tab. 2 Chemické složení slitiny hm. % AlCu₄MgSi(A) [5].

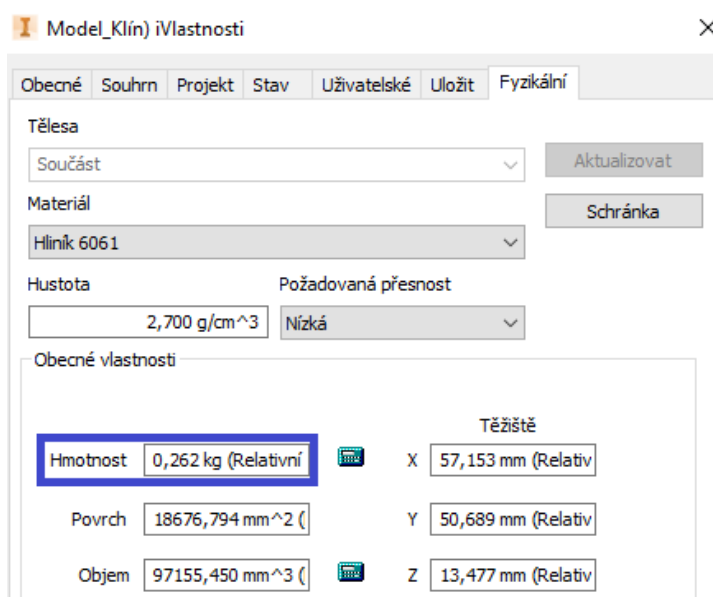
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Al
0,70	0,70	3,80-4,80	0,40-0,80	0,40-0,80	0,30	0,10	zbytek

2.4 Hmotnost součásti

Zjistit hmotnost součásti lze několika způsoby. Pomocí výpočtového softwaru (např. Autodesk Inventor Professional), samotným zvážením součásti, nebo analytickým výpočtem. Naměřené výsledky se od sebe mohou lišit. V praxi není ideální počítat hmotnost součásti analyticky, protože je zde vysoká pravděpodobnost matematické chyby. Další nevýhodou je časová náročnost metody, proto tato možnost není v práci zpracována. Hodnoty dané výpočtovým softwarem by neměly být brány jako reálné, ale pouze jako orientační. I přesto by odchylka od skutečné hmotnosti neměla být velká. Poslední možností je zvážení hotové součásti. Naměřená hmotnost se může výrazně lišit z důvodu nepřesnosti výroby, chybou měřicího přístroje, nebo selháním lidského faktoru.

- **Zjištění hmotnosti pomocí výpočtového softwaru**

Klín byl vymodelován v programu Inventor Professional 2018 od společnosti Autodesk. Hmotnost byla určena pro hustotu 2 700 kg/m³. Programem byla naměřena hmotnost součásti 0,262 kg.



Obr. 8 Hmotnost získaná výpočtovým softwarem Autodesk Inventor Professional 2018.

- **Zjištění hmotnosti pomocí zvážení součásti**

Zvážení součásti byla naměřena hmotnost 0,35 kg. Naměřená hmotnost na hotové součásti se může zřetelně lišit. Je to dáno nepřesností výroby a tím, že několik rozměrů je tolerovaných. Právě proto se výsledná hodnota zvážené součásti liší od té naměřené pomocí výpočtového softwaru. I tak odchylka není tak velká, aby se dalo měření považovat za neúspěšné.

3 ROZBOR STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY

Pokud má být provedena racionalizace technologie výroby zvolené součástí, je potřeba provést rozbor stávající technologie výroby. Tato část se tedy bude zabývat polotovarem součástí, všemi technologickými operacemi, které se v současné době provádí a technickými údaji použitých strojů.

3.1 Polotovar součásti

Polotovar je materiál určen k dalšímu zpracování. Při jeho volbě musí být kladen důraz na ekonomickou stránku věci. Rozměry by měly být co nejblíže rozměrům výsledné součásti. Základní rozdělení polotovarů je na polotovary normalizované (např. tyče, trubky, plechy) a nenormalizované (např. odlitky, výkovky, výlisky). Normalizované polotovary jsou vyráběny v normalizovaných velikostech, tudíž jsou levnější a vhodné pro malosériovou, nebo kusovou výrobu. Kvůli složitějším výrobním postupům a nákladům na výrobní zařízení je cena nenormalizovaných polotovarů vyšší, jsou vyráběny na zakázku. Polotovary můžeme také rozdělit podle jejich materiálu na kovové (ze železných a neželezných kovů) a nekovové (polotovary ze dřeva, z plastu). [6]

Polotovarem u zvolené součásti je plech s rozměry 30 x 1 000 x 2 000, materiál AlCuMg₄Si (A) viz. kapitola (2.3). Materiál je dělen na přířezy z plechu 30 x 84 x 84. Společnosti je v současné době dodáván z jiné firmy, která se zabývá dělením materiálu.

3.2 Stávající technologický postup

Tabulka (3) obsahuje přehled využitých strojů pro technologický postup uvedený v tabulce (5). Technické údaje těchto strojů jsou v kapitole (3.4). Využité nástroje jsou uvedeny v tabulce (4). Popis těchto nástrojů je v kapitole (3.5).

Tab. 3 Souhrn použitých strojů pro technologický postup v tab. 5.

Označení	Stroj
S1	Horizontální frézovací centrum Haas HS-1 RPHE
S2	Sloupová vrtačka Proma PTB-16B-230V
S3	CNC souřadnicový měřicí stroj Mitutoyo Crysta Apex S 121 210

Tab. 4 Souhrn použitých nástrojů pro technologický postup v tab. 5.

Označení	Nástroj
T1	Fréza válcová čelní Ø20 mm
T2	Ruční škrabák
T3	Tvrdokovový vrták s válcovou stopkou Ø 6,8 mm
T4	Závitník M8
T5	Tvrdokovový vrták s válcovou stopkou Ø 5 mm
T6	Závitník M6
T7	Záhlubník kuželový 90° s válcovou stopkou
T8	Čelní frézovací hlava pro VBD

Tab. 5 Stávající technologický postup.

 Technologický postup					
Datum: 26.3.2018		Polotovár: Přířezy z plechu 30 x 84 x 84		Materiál: AlCu4MgSi(A)	
				Název součásti: KLÍN	
Pořadí	Pracoviště	Název operace	Popis práce v operaci	Stroj, použité nástroje	Čas výrobní [min]
10	Sklad	Vychystat materiál	-	-	-
20	Obrobna	Frézovat a odjehlít	Upnout do svěráku, frézovat z jedné strany na rozměr 27 mm, odjehlít	S1 T1 T2	1,9
30	Obrobna	Vrtat, závitovat	Upnout do svěráku, vrtat otvor Ø 6,8 mm a řezat	S1 T3	2,9

			závit 4 x M8 dle výkresu	T4	
40	Obrobna	Vrtat, závitovat, zhloubit	Upnout do svěráku, vrtat otvor $\varnothing$ 5 mm pro M6, řezat M6	S1 T5 T6	2,7
50	Obrobna	Zhloubit	Zhloubit závity M6 na $\varnothing$ 14/90° dle výkresu	S2 T7	0,5
60	Obrobna	Frézovat, odjehlít	Upnout do svěráku za boky šířky 27 mm k dorazu. Frézovat tvar 20°, R36, nekotované radiusy R2, dle výkresu	S1 T8	1,8
70	Obrobna	Odjehlít po opracování	Odjehlít, popsat lihovým fixem číslo aktuální objednávky	S1 T2	1,2
80	OTK	Výstupní kontrola	Kontrola rozměrů dle výkresů	S3	3

3.3 Technické údaje strojů

Frézovací a některé další operace jsou prováděny na horizontálním CNC obráběcím centru. Stroje tohoto typu jsou velmi produktivní pro třískové obrábění. Jsou vhodné jak pro sériovou, tak výrobu kusovou složitějších součástí. Lze na nich dosáhnout kratších časů a kvalitnějšího povrchu obráběné součásti. Je to kvůli velké tuhosti, modernímu upnutí nástrojů a vysokým řezným rychlostem. Frézovací centra jsou dělena na horizontální a vertikální (dle osy vřetene). Dále mohou být rozdělena na tří až pětiosé. U tříosého centra se vřeteno pohybuje v základních osách x, y, z. Pětiosé obráběcí centrum je rozšířeno o dvě rotační osy. Takové centrum je schopné nahradit více strojů. Díky provedení na jedno upnutí je součást přesnější.

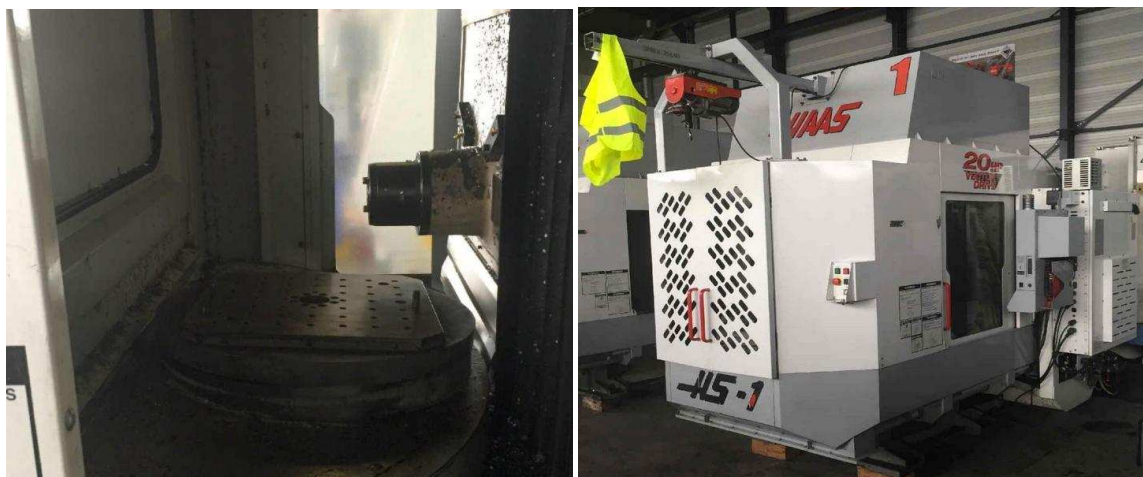
V současném technologickém postupu je dále použita sloupová vrtačka pro zhloubení závitu M6 na $\varnothing$ 14/90° (operace 50) a souřadnicový měřicí stroj (operace 80), který pomocí CNC souřadnicového systému zkontroluje rozměry součásti.

Pro výrobu součástí jsou používány tyto stroje:

- **Horizontální frézovací centrum Haas HS-1 RPHE**

Tab. 6 Technické údaje horizontálního centra Haas HS-1 RPHE [7].

Parametr	Hodnota
Rozměry	3 685 x 3 430 x 2 820 mm
Hmotnost	7 260 kg
Osa x	610 mm
Osa y	508 mm
Osa z	559 mm
Kužel vřetene	MAS BT 40
Nástrojů v zásobníku	24
Maximální výkon	5,6 kW



Obr. 9, 10 Horizontální frézovací centrum Haas HS-1 RPHE [7].

- **Sloupová vrtačka Proma PTB-16B-230V**

Tab. 7 Technické údaje sloupové vrtačky PROMA PTB-16B-230V [8].

Parametr	Hodnota
Celková výška	840 mm
Hmotnost	42 kg
Kužel vřetene	Mk2
Příkon	450 W
Počet rychlostí	12
Napětí	230 V
Posuv vřetene	60 mm
Rozměr stolu	198 x 198 mm
Maximální vrtací průměr	16 mm



Obr. 11 Sloupová vrtačka Proma PTB-16B-230V [8].

- **CNC souřadnicový měřicí stroj Mitutoyo Crysta Apex S 121 210**

Tab. 8 Technické údaje měřicího stroje Mitutoyo Crysta Apex S 121 210 [9].

Parametr	Hodnota
Rozsah měření	osa x: 1 200 mm; osa y: 1 200 mm; osa z: 1 000 mm
Rozlišení	0,0001 mm
Způsob vedení	Pneumatická ložiska na každé ose
Max. rychlost měření	5 mm/s
Max. výška obrobku	1 200 mm
Max. hmotnost obrobku	2 000 kg



Obr. 12 CNC souřadnicový měřicí stroj Mitutoyo Crysta Apex S 121 210 [9].

3.4 Použité nástroje

- **Fréza válcová čelní Ø 20 mm** (označení T1, operace 20)

Tab. 9 Fréza válcová čelní Ø 20 mm technické údaje [10].

Parametr	Hodnota
Průměr frézy	20 mm
Délka břitu	38 mm
Celková délka	123 mm
Úhel šroubovice	25°
Úhel čela	12°
Počet zubů	6
Materiál	SK



Obr. 13 Fréza válcová čelní Ø20 mm [10].

- **Ruční škrabák od firmy NOGA SG 1 000** (označení T2, operace 20,70)



Obr. 14 Ruční škrabák NOGA SG 1 000 [11].

- **Tvrdokovový vrták s válcovou hlavou Ø 6,8 mm** (označení T3, operace 30)

Tab. 10 Tvrdokovový vrták s válcovou hlavou technické údaje [12].

Parametr	Hodnota
Materiál	SK
Celková délka	91 mm
Délka břitu	48 mm
Průměr	6,8 mm



Obr. 15 Tvrdokovový vrták s válcovou hlavou [12].

- **Strojní závitník M8** (označení T4, operace 30)

Tab. 11 Strojní závitník M8 technické údaje [13].

Parametr	Hodnota
Průměr	8 mm
Stoupání	1,25
Délka celková	90 mm
Délka pracovní části	18 mm
Materiál	SK

- **Tvrdokovový vrták s válcovou stopkou Ø 5 mm** (označení T5 , operace 40)

Tab. 12 Tvrdokovový vrták s válcovou stopkou Ø5 mm technické údaje [12].

Parametr	Hodnota
Materiál	SK
Celková délka	78 mm
Délka břitu	36 mm
Průměr	5 mm

- **Strojní závitník M6** (označení T6, operace 40)

Tab. 13 Strojní závitník M6 technické údaje [13].

Parametr	Hodnota
Průměr	6 mm
Stoupání	1,25
Délka celková	90 mm
Délka pracovní části	18 mm
Materiál	SK



Obr. 16 Strojní závitník M6 [13].

- **Záhlubník kuželový 90° s válcovou stopkou** (označení T7, operace 50)

Tab. 14 Záhlubník kuželový 90° technické údaje [14].

Parametr	Hodnota
Průměr	15 mm
Celková délka	60 mm
Materiál	SK



Obr. 17 Záhlubník kuželový 90° [14].

- **Čelní frézovací hlava pro VBD** (označení T8, operace 60)

Tab. 15 Čelní frézovací hlava pro VBD technické údaje [15].

Parametr	Hodnota
Průměr	50 mm
Upínací průměr	22 mm
Celková výška	40 mm



Obr. 18 Čelní frézovací hlava pro VBD [15].

3.5 Využití technologie obrábění

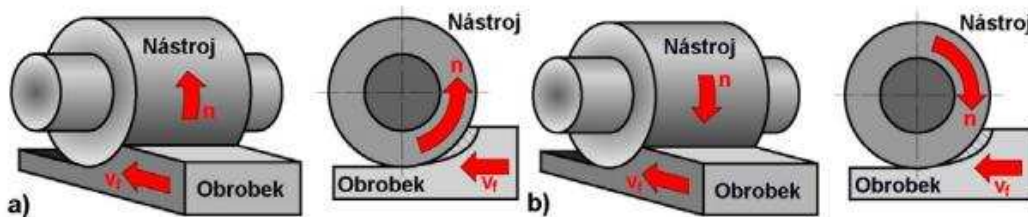
3.5.1 Frézování

Frézování je třískové obrábění, při kterém je materiál obrobku odebírán vícebřitým nástrojem – frézou. Hlavní pohyb nástroje je rotační. Obrobek, který je upnutý na pracovním stole stroje, obvykle koná vedlejší řezný pohyb. Ten může být buď přímočarý, nebo rotační (okružní a planetové frézování) a konat ho může buď obrobek, nebo nástroj. Výsledný řezný pohyb má tvar cykloidy. V současné době moderních frézovacích strojů je možné realizovat posuvné pohyby plynule měnitelné ve všech směrech. Řezný proces je přerušovaný, protože každý zub frézy postupně odebírá určité množství materiálu – třísky, které mají proměnné tloušťky. Vysoký výkon obrábění, velmi dobrá jakost povrchu, velká přesnost rozměrů a flexibilita to vše jsou výhody současného frézování. Frézováním lze vyrobit rovné, tvarové plochy, tvarové vybrání, osazení, drážky a závit (vnitřní i vnější). [16,17]

Rozeznáváme dva základní typy frézování:

- **Válcové frézování**

Způsob válcového frézování (obr. 19) se většinou uplatňuje při práci s válcovými a tvarovými nástroji. Zuby jsou situovány po válcovém obvodu nástroje. Hloubka odebírané vrstvy materiálu se nastavuje kolmo k ose frézy a směru posuvu. Osa otáčení frézy je rovnoběžná s obrobenou plochou. Podle smyslu otáčení frézy vůči směru posuvu dělíme frézování na sousledné (souměrné) a nesousledné (nesousměrné). [17]

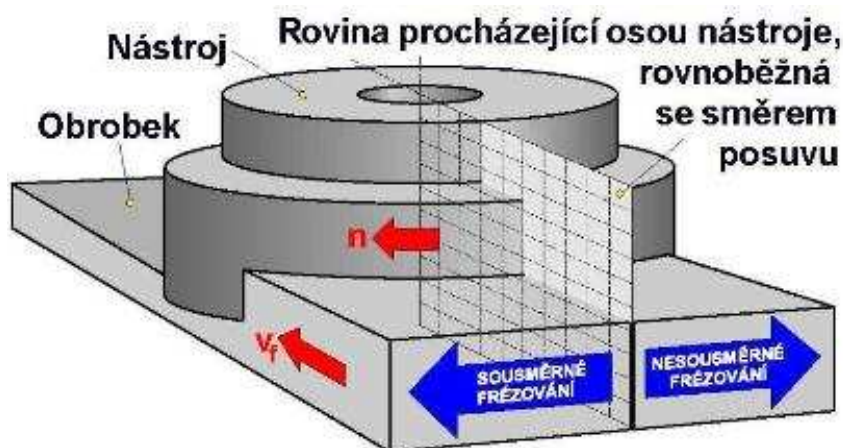


Obr. 19 a) nesousledné frézování, b) sousledné frézování [17].

Pokud se obrobek v oblasti řezání posouvá proti směru otáčení frézy, jedná se o nesousledné frézování. Tloušťka třísky se mění z nulové hodnoty na počátku až na hodnotu maximální na konci záběru. Při sousledném frézování je směr posuvu obrobku v oblasti řezání stejný se směrem otáčení frézy. Tloušťka třísky je na počátku nejvyšší a směrem ke konci klesá na minimum. [16;17]

- **Čelní frézování**

Frézování čelní (Obr. 20) je využíváno při práci s čelními frézami, které mají břity nejen na obvodu, ale i na čele nástroje. Tento způsob je přednostně využíván, protože je výkonnější než frézování obvodové. Je při něm v záběru současně více zubů nástroje, to znamená, že je dovoleno pracovat s větším posuvem obráběné součásti. Při čelním frézování pracuje fréza současně sousledně i nesousledně. [17]



Obr. 20 Čelní frézování [17].

Od těchto dvou základních metod jsou odvozeny některé další typy, jako je frézování okružní a planetové.

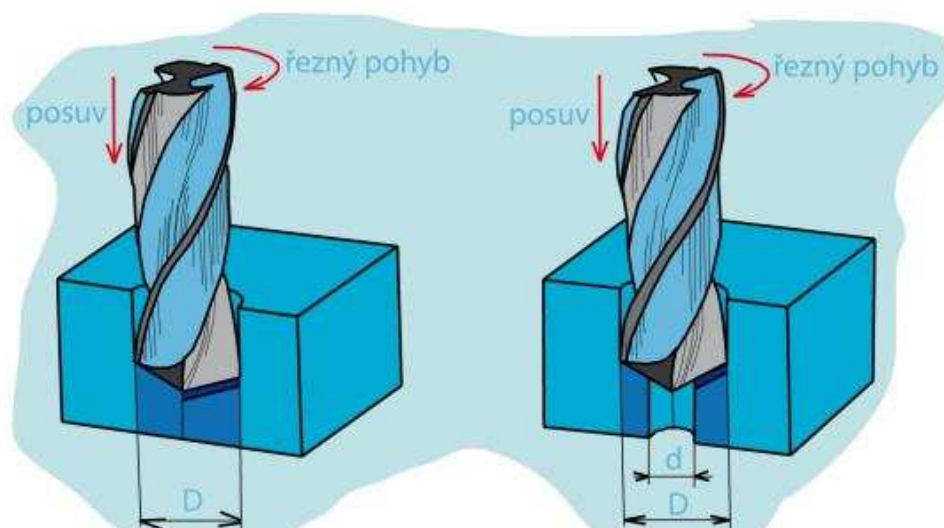
3.5.2 Obrábění děr

Obrábění děr se nazývá vrtání. Tato výrobní metoda zahrnuje prakticky všechny způsoby obrábění, které se dají použít ke zhotovení otvorů do plného materiálu, nebo ke zvětšení již předpracovaných děr při použití řezných nástrojů. Kromě vrtání krátkých a dlouhých děr tato metoda zahrnuje také další způsoby jako je vystružování, vyhrubování, vyvrtávání, nebo některé operace obrábění na čisto jako je válečkování. Hlavní pohyb je rotační, ten je obvykle vykonán vrtákem (nástroj). Tento pohyb může vykonávat i obrobek a to při vrtání na soustruhu, kde rotační pohyb vykonává obrobek a posuv koná nástroj. Vedlejší posuvový pohyb koná vrták ve směru své osy. Řezná rychlost, která je měřítkem hlavního pohybu, je u vrtacích nástrojů největší na obvodu, zmenšuje se ke středu nástroje, kde je nulová. Řeznou rychlostí je obvodová rychlost největšího průměru vrtáku. [16,18]

Na obrázku (obr. 21) je znázorněno schéma průřezu třísky a její tvorby pro základní typy vrtání, kde:

$D[\text{mm}]$ -je průměr vrtáku,

$d[\text{mm}]$ -je průměr předvrtaného otvoru



Obr. 21 Vrtání do plného materiálu (vlevo) a do předvrtaného otvoru (vpravo) [19].

Vrtání a vyvrtávání děr je možno provádět na těchto strojích:

- Vrtačky (stolní, sloupové, stojanové, radiální),
- vrtačky s revolverovou hlavou,
- mnohovřetenové vrtačky,
- vodorovné vyvrtávačky,
- soustruhy,
- frézky.

V případě zvolené součásti se díry vrtají na frézce (operace 30, 40).

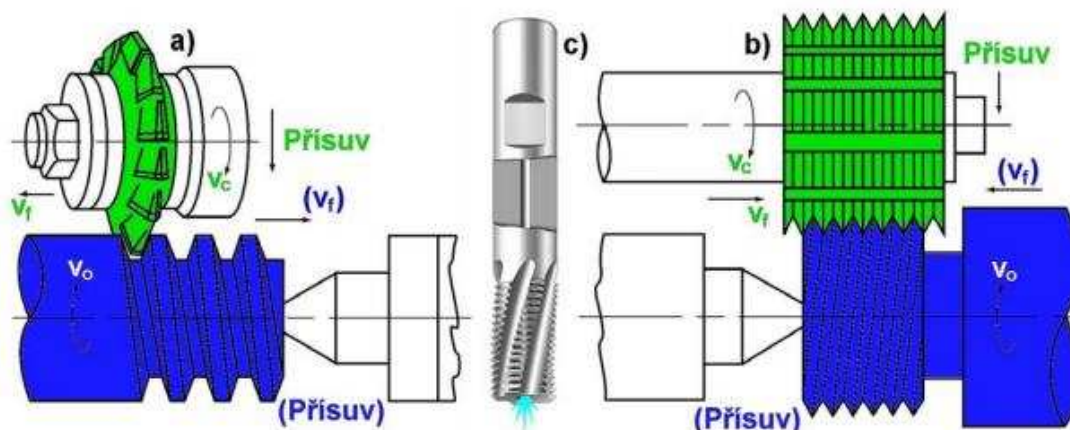
3.5.3 Výroba závitů

Závit je konstrukční technický prvek, který plní různé spojovací nebo pohyblivé funkce v řadách strojních součástí. Velice důležitým faktorem spolehlivosti funkce výrobku je přesnost a jakost závitu. Závity jsou řezány pomocí závitníků, čelistí, nebo závitových hlav, jsou obráběny soustružením a frézováním. Závity lze rozdělit dle navinutí (vnější a vnitřní závity), směru (pravý, levý), tvaru (hranatý, kuželový) a podle počtu závitů (jednochodý, vícechodý). [18]

U zvolené součásti se závity frézují (operace 30,40).

• Frézování závitů

Při této metodě řezání závitů je podstatný současný pohyb obrobku s vřetenem přístroje. Obrobek se otáčí kolem své osy, ale přitom vykonává přímočarý pohyb. Vřeteno se pohybuje také kolem své osy, ale v opačném směru než obrobek. I když není frézování tak rozšířené jakou soustružení závitů, leckdy je dosaženo vysoké produktivity. Pro frézování je využíváno několik různých způsobů výroby (rozlišujeme je podle nástroje). Jedná se o frézování pomocí kotoučové a hřebenové (nástrčná, nebo stopková) frézy. [20]



Obr. 22 Frézování závitů a) kotoučová fréza, b) hřebenová válcová nástrčná fréza, c) hřebenová válcová stopková fréza s vniřním přívodem rezné kapaliny [19].

3.5.4 Zahlubování

Zahlubování slouží k úpravě vyvrtaného čela a předkované či předlité díry. Srážejí se hrany a vytváří se válcové, nebo tvarové zhloubení pro zapuštěné hlavy šroubu. Za zahlubování je považováno i zarovnání čela, kde lze použít dvoubřité záhlubníky, které jsou upnuty ve vybrání tělesa nástroje. Záhlubníky je možno rozdělit (podle tvaru) na válcové (stopkové, nástrčné), kuželové a ploché. Řezná část záhlubníků se vyrábí z rychlořezné oceli, popřípadě mají břitové destičky ze slinutých karbidů. Vedení záhlubníku v díře je buď pomocí vodícího čepu, nebo čep nemají. [18,21]

V technologickém postupu je uvedeno, že se zahlubuje závit M6 dle výkresu (operace 50) pomocí sloupové vrtačky.

4 NÁVRH RACIONALIZAČNÍHO OPATŘENÍ

Z důvodu přechodu ze vzorkové výroby na výrobu sériovou se racionalizace stává nutnou. Očekávaná produkce této součásti je 3 000 kusů za rok v časovém intervalu několika let. Cílem je zkrácení výrobního času a snížení nákladů, přičemž jakost výrobku musí zůstat stejná. Vzhledem k možnému zjednodušení a zrychlení výroby bylo zahloubení 90° z jedné strany konzultováno s vedoucím TPV. Zahloubení bylo shledáno technologicky bezvýznamné. Zákazník od tohoto konkrétního zahloubení také upustil. Současně na ostatních zahloubeních trval. Polotovar součásti je předem úhlovaná kostka, která je dodávána externím dodavatelem. V návrhu je použito vertikální centrum Doosan MYNX 6 500/50, jehož technické údaje jsou uvedeny v tab. 16. Tento stroj je součástí vybavení podniku. Kontrola součásti bude provedena na souřadnicovém měřícím stroji Mitutoyo Crysta apex S 121 210 (viz. kapitola 3.3).

Tab. 16 Technické údaje vertikálního centra Doosan MYNX 6 500/50 [22].

Parametr	Hodnota
Kužel vřetena	ISO 50
Otáčky vřetena	6 000 ot. / min
Výkon motoru vřetena	15 kW
Pojezd v ose x	1 270 mm
Pojezd v ose y	670 mm
Pojezd v ose z	625 mm
Rozměr stolu	1 400 x 670 mm
Počet nástrojů	24



Obr. 23 Vertikální centrum Doosan MYNX 6 500/50 [22].

4.1 Sestavení nového technologického postupu

Tabulka (17) obsahuje přehled využitých nástrojů pro nový technologický postup (tab. 18). Údaje těchto nástrojů jsou uvedeny v tabulce (17) v kapitole (4.2).

Tab. 17 Seznam použitých nástrojů v novém technologickém postupu.

Označení	Nástroj
T9	Frézovací hlava
T10	Ruční škrabák
T11	Tvrdokovový vrták Ø 4,9 mm
T12	Tvrdokovový vrták Ø 7 mm
T13	Záhlubník 90°
T14	Závitník M6
T15	Tvrdokovový vrták Ø 6,6 mm
T16	Závitník M8
T17	Nástrčná čelní frézka

Tab. 18 Nový technologický postup.

Technologický postup					
Vyhotožil: Jiří Langpaul					
Datum: 20.5.2018		Polotovár: Přířezy z plechu 30 x 84 x 84	Materiál: AlCu4MgSi(A)	Název součásti: KLÍN	
Pořadí	Pracoviště	Název operace	Popis práce v operaci	Použité nástroje	Čas výrobní [min]
10	Sklad	Vychystat materiál	-	-	-
20	Obrobna	Frézovat a odjehlít	Upnout za 84x84, frézovat z jedné strany na rozměr 27 mm, vrtat otvor Ø 4,9 mm, vrtat otvor Ø 7 mm, zahloubit dle výkresu, závitovat M6, odjehlít	T9 T2 T11 T12 T13 T14	2,8
30	Obrobna	Vrtat závitovat	Upnout za 84x27, vrtat otvor Ø 6,6 mm dle výkresu, závitovat M8	T15 T16	0,7
40	Obrobna	Vrtat	Otočit o 90° dle výkresu a upnout za 84x27, vrtat otvor 3xØ 6,6 mm, závitovat 3xM8	T15 T16	2,3
50	Obrobna	Frézovat	Upnout za 27x84 (na ležato) do hloubky max. 25 mm, frézovat tvar dle výkresu	T17	1,8
60	Obrobna	Odjehlít	Odjehlít součást	T2	1,2
70	OTK	Výstupní kontrola	Kontrola rozměrů dle výkresu	S3	3

4.2 Použité nástroje v novém technologickém postupu

- **Frézovací hlava (označení T9, operace 20)**

Tab. 19 Frézovací hlava technické údaje [23].

Parametr	Hodnota
Řezný průměr	125 mm
Upínací průměr	22 mm
Max. hloubka řezu	15 mm



Obr. 24 Frézovací hlava [23].

- **Ruční škrabák (označení T2, operace 20)**

Technické údaje a ilustrační obrázek jsou uvedeny v kapitole 3.4.

- **Tvrdokovový vrták Ø 4,9 mm (označení T10, operace 20)**

Tab. 20 Tvrdokovový vrták Ø 4,9 mm technické údaje [23].

Parametr	Hodnota
Materiál	SK
Celková délka	78 mm
Délka břitu	36 mm
Průměr	4,9 mm



Obr. 25 Tvrdokovový vrták Ø 4,9 mm [23].

- **Tvrdokovový vrták Ø 7 mm (označení T11, operace 20)**

Tab. 21 Tvrdokovový vrták Ø 7 mm technické údaje [23].

Parametr	Hodnota
Materiál	SK
Celková délka	91 mm
Délka břitu	48 mm
Průměr	7 mm

- **Záhlubník 90° (označení T12, operace 20)**

Tab. 22 Záhlubník 90° technické údaje [23].

Parametr	Hodnota
Materiál	HSS
Řezný průměr	16 mm
Celková délka	115 mm
Délka drážky	46 mm



Obr. 26 Záhlubník 90° [23].

- **Závitník M6 (označení T13, operace 20)**

Tab. 23 Závitník M6 technické údaje [24].

Parametr	Hodnota
Průměr	6 mm
Stoupání	1
Délka celková	80 mm
Délka pracovní části	19 mm
Materiál	HSS



Obr. 27 Závitník M6 [24].

- **Tvrdokovový vrták Ø 6,6 mm (označení T14, operace 30, 40)**

Tab. 24 Tvrdokovový vrták Ø 6,6 mm technické údaje [23].

Parametr	Hodnota
Materiál	SK
Celková délka	91 mm
Délka břitu	48 mm
Průměr	6,6 mm



Obr. 28 Tvrdokovový vrták Ø 6,6 mm [23].

- **Závitník M8 (označení T15, operace 30, 40)**

Tab. 25 Závitník M8 technické údaje [24].

Parametr	Hodnota
Průměr	8 mm
Stoupání	1
Délka celková	80 mm
Délka pracovní části	19 mm
Materiál	HSS

- Nástrčná čelní fréza (označení T16, operace 50)

Tab. 26 Nástrčná čelní fréza technické údaje [23].

Parametr	Hodnota
Řezný průměr	20 mm
Používaná délka	73 mm
Celková délka	126 mm
Materiál	SK



Obr. 29 Nástrčná čelní fréza [23].

4.3 Výpočet řezných podmínek

Řezné podmínky pro obrábění vycházejí ze vztahů [17]:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1)$$

kde: v_c [m.min⁻¹] – řezná rychlost,
 D [mm] – průměr nástroje,
 n [min⁻¹] – otáčky nástroje.

$$v_f = f_n \cdot n = f_z \cdot z \cdot n \quad (2)$$

$$f_z = \frac{f_n}{z} \quad (3)$$

kde: v_f [mm.min⁻¹] – posuvová rychlost,
 f_n [mm] – posuv na jednu otáčku nástroje.,
 f_z [mm] – posuv na zub (břit) nástroje,
 z [-] – počet zubů nástroje.

Tab. 27 Řezné podmínky použitých nástrojů.

Nástroj	v_c [m.min ⁻¹]	v_f [mm.min-1]	n [min ⁻¹]
Frézovací hlava	225	1769	572
Tvrdokovový vrták Ø 4,9 mm	80	965	5 196
Tvrdokovový vrták Ø 7 mm	80	808	3 637
Záhlubník 90°	60	548	1 193
Závitník M6	12	-	763
Tvrdokovový vrták Ø 6,6 mm	80	856	3 858
Závitník M8	12	-	561
Nástrčná čelní frézka	250	453	3 978

Na základě doporučených hodnot u frézovacích nástrojů byly dle potřeby zvoleny řezné rychlosti, ze kterých byly následně vypočítány a voleny odpovídající otáčky nástrojů. Hodnoty posuvových rychlostí byly vypočítány pomocí opět doporučených hodnot velikosti posuvů na zub (břit) nástroje. V případě závitníků byla uváděna pouze velikost posuvu na otáčku nástroje, což je hodnota stoupání závitu.

4.4 Výpočet výrobního času

Výrobní čas se skládá z jednotkového strojního času, který stanovuje dobu opracování obrobku, z času rychloposuvů a vedlejšího času, který je dán normami vztahujících se k danému stroji. [17]

- Jednotkový strojní čas při vrtání děr u frézování:

$$t_{as} = \frac{L}{v_f} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} \quad (4)$$

kde:	t_{AS} [min]	-	jednotkový strojní čas,
	l_n [mm]	-	náběh vrtáku,
	l [mm]	-	délka vrtané díry,
	l_p [mm]	-	přeběh vrtáku,
	v_f [mm min-1]	-	rychlost posuvu,
	n [min-1]	-	otáčky vrtáku,
	f [mm]	-	posuv na otáčku.

- Jednotkový strojní čas pro frézování:

$$t_{as} = \frac{L}{v_f} = \frac{l_n + l_p + D}{n \cdot f} \quad (5)$$

kde:	t_{AS} [min-1]	-	jednotkový strojní čas,
	l_n [mm]	-	délka náběhu,
	l [mm]	-	délka frézování,
	l_p [mm]	-	délka přeběhu,
	v_f [mm min-1]	-	počet záběrů,
	n [min-1]	-	otáčky vrtáku,
	f [mm]	-	posuv na otáčku,
	D [mm]	-	průměr nástroje.

- Čas rychloposuvu:

$$t_{av} = \frac{L_{Rx}}{v_{fRx}} + \frac{L_{Ry}}{v_{fRy}} + \frac{L_{Rz}}{v_{fRz}} \quad (6)$$

kde:	t_{AV} [min]	-	čas rychloposuvu,
	L_{Rx} [mm]	-	délka rychloposuvu v ose x,
	L_{Rz} [mm]	-	délka rychloposuvu v ose z,
	L_{Ry} [mm]	-	délka rychloposuvu v ose y,
	V_{fRx} [mm min-1]	-	rychloposuv v ose x,
	V_{fRz} [mm min-1]	-	rychloposuv v ose z,
	V_{fRy} [mm min-1]	-	rychloposuv v ose y.

- Čas vedlejší t_n

Čas vedlejší je dán například výměnou nástroje, seřízením stroje apod. Tento čas je učen normativními tabulkami určitých společností, které jsou dány experimentálním měřením. Po konzultaci s vedoucím TPV byl stanoven vedlejší čas pro frézování 40% jednotkového času.

- Kusový čas pro jednotlivé operace je pak:

$$t_a = \sum t_{as} + \sum t_{av} + \sum t_n \quad (7)$$

5 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

Při ekonomickém vyhodnocení nebudou uvažovány náklady spojené s opotřebením a výměnou nástrojů. Tyto náklady jsou zahrnuty v tzv. hodinové sazbě stroje. Sazba obsahuje náklady na chod stroje, mzdu dělníka, provoz dílny, údržbové práce, atd. Pro jednotlivé stroje je ve společnosti rozdílná sazba. Závisí na pořizovacích nákladech, velikosti odběru energie, kvalifikaci obsluhy atd. Pro zjednodušení bude počítáno se sazbou pro CNC frézovací centrum 800 Kč za 1 hodinu práce a 400 Kč za 1 hodinu práce pro ruční operace (odjehlení součástí), kontrolu a práci na sloupové vrtačce. Ekonomické zhodnocení je velice důležité hledisko, které slouží k porovnání výhodnosti jednotlivých postupů a finančních nákladů na jejich uskutečnění.

Původní technologický postup je sestaven tak, že výrobní čas jedné součásti je 14 min. V nově navrhnutém technologickém postupu je celkový výrobní čas 11,8 min. Ušetřený výrobní čas může být 2,2 min. Očekávaná produkce součásti je 3 000 kusů za rok v časovém intervalu několika let. To znamená, že ušetřený čas může být až 110 hodin za rok. V novém postupu nejsou použity nové stroje, ani nástroje. Vše je součástí vybavení podniku, tudíž nebude potřeba žádná investice do nových strojů ani nástrojů. Ekonomické zhodnocení bude vypočítáno pro 3 000 kusů. Z tabulek (28,29) vyplývá, že časová úspora na sérii 3 000 kusů je 110 hodin. Ekonomická úspora je 118 000 Kč.

Tab. 28 Ekonomické zhodnocení původního technologického postupu.

	Celkový čas [hod]	Náklady [Kč]
Operace na CNC frézovacím centru	405	364 000
Operace na sloupové vrtačce	25	10 000
Odjehlení součástí	120	48 000
OTK	20	8 000
Celkem	570	430 000

Tab. 29 Ekonomické zhodnocení navrhovaného technologického postupu.

	Celkový čas [hod]	Náklady [Kč]
Operace na CNC frézovacím centru	320	256 000
Odjehlení součásti	120	48 000
OTK	20	8 000
Celkem	460	312 000

ZÁVĚR

V bakalářské práci bylo cílem zanalyzovat současnou technologii výroby vybrané součásti a navrhnout novou technologii výroby s aplikací produktivního nástrojového vybavení. Úvodní část práce obsahuje popis vybrané součásti. Tato kapitola se zabývá popisem, praktickým využitím a materiálovým rozбором vybraného produktu. Následuje rozbor stávající technologie výroby, v této části byly teoreticky popsány všechny výrobní technologie obrábění, které se využívají při zhotovení součásti. Po provedení detailního rozboru původního technologického postupu výroby daného dílce následoval návrh racionalizačního opatření. Při racionalizaci bylo žádoucí snížení finanční a časové náročnosti dané součásti. Po provedení celkového vyhodnocení bylo dosaženo následujících výsledků:

- snížení počtu operací,
- vyřazení jednoho stroje (sloupová vrtačka),
- zjednodušení výrobního procesu,
- časová úspora 110 hodin za 1 rok,
- finanční úspora 118 000 Kč za 1 rok.

Nový návrh technologického postupu výroby součásti zohledňuje moderní trendy ve strojírenské technologii, je ekonomicky i časově výhodnější a jednodušší než ten stávající. Zvolená strategie obrábění vedla ke zkrácení výrobních časů. V závěru práce bylo provedeno ekonomické posouzení stávající i navrhované výroby. Pokud navrhované racionalizační opatření bude schváleno vedením firmy, bude využito při další výrobě.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Popis
Al	Hliník
Al₂O₃	Oxid hlinitý
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CNC	Computer Numerical Control
Cu	Měď
ČSN	Česká technická norma
EN	European Norm (evropská norma)
FCC	Kubicky plošně středěná krystalická mřížka
Fe	Železo
HB	Tvrdost dle Brinella
ISO	International Organization for Standardization
Mg	Hořčík
Mn	Mangan
Ni	Nikl
OTK	Oddělení technické kontroly
Re [MPa]	Mez kluzu
Rm [MPa]	Mez pevnosti
Si	Křemík
TPV	Technologická příprava výroby
Zn	Zinek

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Mechanické vlastnosti Hliníku	14
Tab. 2 Chemické složení slitiny hm. % AlCu ₄ MgSi(A)	16
Tab. 3 Souhrn použitých strojů pro technologický postup	18
Tab. 4 Souhrn použitých nástrojů pro technologický postup	19
Tab. 5 Stávající technologický postup	19
Tab. 6 Technické údaje horizontálního centra Haas HS-1 RPHE	21
Tab. 7 Technické údaje sloupové vrtačky PROMA PTB-16B-230V	22
Tab. 8 Technické údaje měřicího stroje Mitutoyo Crysta Apex S 121 210	23
Tab. 9 Fréza válcová čelní Ø 20 mm technické údaje	24
Tab. 10 Tvrdokovový vrták s válcovou hlavou technické údaje	25
Tab. 11 Strojní závitník M8 technické údaje	25
Tab. 12 Tvrdokovový vrták s válcovou stopkou Ø5 mm technické údaje	26
Tab. 13 Strojní závitník M6 technické údaje	26
Tab. 14 Záhlubník kuželový 90° technické údaje	27
Tab. 15 Čelní frézovací hlava pro VBD technické údaje	27
Tab. 16 Technické údaje vertikálního centra Doosan MYNX 6 500/50	32
Tab. 17 Seznam použitých nástrojů v novém technologickém postupu	33
Tab. 18 Nový technologický postup	34
Tab. 19 Frézovací hlava technické údaje	35
Tab. 20 Tvrdokovový vrták Ø 4,9 mm technické údaje	36
Tab. 21 Tvrdokovový vrták Ø 7 mm technické údaje	36
Tab. 22 Záhlubník 90° technické údaje	37
Tab. 23 Závitník M6 technické údaje	37
Tab. 24 Tvrdokovový vrták Ø 6,6 mm technické údaje	38
Tab. 25 Závitník M8 technické údaje	38
Tab. 26 Nástrčná čelní fréza technické údaje	39
Tab. 27 Řezné podmínky použitých nástrojů	40
Tab. 28 Ekonomické zhodnocení původního technologického postupu	42
Tab. 29 Ekonomické zhodnocení navrhovaného technologického postupu	43

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Model zvolené součásti	9
Obr. 2 REKON spol. s.r.o., divize STROJTEX	10
Obr. 3 Pětiosé obráběcí centrum	11
Obr. 4 Svářecí robot OJ 10	11
Obr. 5 Ukázka z lisovny kovů udírna grilu	12
Obr. 6 Hydraulická zvedací plošina	12
Obr. 7 Ukázka z výkresu součásti	13
Obr. 8 Hmotnost získaná výpočtovým softwarem Autodesk Inventor Professional 2018	16
Obr. 9 Horizontální frézovací centrum Haas HS-1 RPHE	21
Obr. 10 Horizontální frézovací centrum Haas HS-1 RPHE	21
Obr. 11 Sloupová vrtačka Proma PTB-16B-230V	22
Obr. 12 CNC souřadnicový měřicí stroj Mitutoyo Crysta Apex S 121 210	23
Obr. 13 Fréza válcová čelní Ø20 mm	24
Obr. 14 Ruční škrabák NOGA SG 1 000	24
Obr. 15 Tvrdokovový vrták s válcovou hlavou	25
Obr. 16 Strojní závitník M6	26
Obr. 17 Záhlubník kuželový 90°	27
Obr. 18 Čelní frézovací hlava pro VBD	27
Obr. 19 Nesousledné a sousledné frézování	28
Obr. 20 Čelní frézování	29
Obr. 21 Vrtání do plného materiálu a do předvrtaného otvoru	30
Obr. 22 Frézování závitů	31
Obr. 23 Vertikální centrum Doosan MYNX 6 500/50	33
Obr. 24 Frézovací hlava	35
Obr. 25 Tvrdokovový vrták Ø 4,9 mm	36
Obr. 26 Záhlubník 90°	37
Obr. 27 Závitník M6	37
Obr. 28 Tvrdokovový vrták Ø 6,6 mm	38
Obr. 29 Nástrčná čelní fréza	39

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] O *společnosti Strojtex* [online]. 2017 [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: <https://www.strojtex.cz/o-spolecnosti.html>.
- [2] *Co nabízí společnost* [online]. [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <https://www.strojtex.cz/robotizovane-svarovani.html>.
- [3] KLETEČKA, Jaroslav a Petr FORT. *Technické kreslení*. Druhé opravené. Brno: Computer Press, 2012. ISBN 978-80-251-1887-0.
- [4] ROUČKA, Jaromír. *Metalurgie neželezných slitin*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2790-6.
- [5] Informace Proal [online]. [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://www.proal.cz/info/424201.htm>.
- [6] *Obrábění* [online]. [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: https://www.spszengrova.cz/texty/texty/STT/STT2-1_Polotovary_jejich_vyznam_a_druhy_RAJ.pdf.
- [7] *CNC Stenzel: Horizontální obráběcí centrum* [online]. Oestrich-Winkel, 2016 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.cnc-stenzel.cz/haas-hs-1-rphe--10163.html#images>.
- [8] *Stolní a sloupové vrtáčky* [online]. Praha [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: <https://www.forsteel.eu/ptb-16b-230v-sloupova-vrtacka#doplňující>.
- [9] CRYSTA APEX S series. Mitutoyo [online]. USA, 2015 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: https://www.mitutoyo.com/wp-content/uploads/2013/01/2097_CRYSTA_ApexS.pdf.
- [10] Kovonástroje: Frézy na kuželu MK. *Kovonástroje* [online]. 2018 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/sk/Nastroje-pro-kovoobrabeni/Frezovani/Frezy/Frezy-na-kuzelu-MK/>.
- [11] *Habilis steel: Škrabáky NOGA* [online]. 2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.kovoobrabeci-nastroje.cz/katalog/vybaveni-provozu-122/rucni-naradi-14/odjehlovani-1145/skrabaky-noga-1160/>.
- [12] *Stimzet: Monolitní SK vrtáky* [online]. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: http://www.stimzet.cz/data/sk6537-5d_cz.html.
- [13] *Narex-Makita: Závitníky* [online]. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://www.narex-makita.cz/rucni-naradi/zavitniky/>.

[14] *Nářadí a nástroje: Nástroje na otvory* [online]. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: http://naradinastrojeuh.cz/nastroje_otvory.php.

[15] *Kovonástroje: Nástroje pro obrábění. Kovonástroje* [online]. 2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/sk/Nastroje-pro-kovoobrabeni/Frezovani/Frezy/Frezy-s-VBD/Nastrcne-frezy-s-VBD/Nastrcna-kopirovaci-freza-50mm-50A05R-S90AP19D-PRAMET.html>.

[16] *Příručka obrábění: kniha pro praktiky. Přeložil M. KUDELA. AB Sandvik Coromant. Praha: Scientia, 1997. ISBN 91-972299-4-6.*

[17] HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ -1. část* [online]. 2003 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf.

[18] HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ -2. část* [online]. 2004 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf.

[19] ŠVRČINA, Josef. *Vrtání a vyvrtávání* [online]. [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/_sablon/Praxe_II_a_III/VY_52_INOVACE_H-02-31.pdf.

[20] *Obrábění a zpracování kovů: Frézování závitů* [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1435>.

[21] *Obrábění a zpracování kovů: Navrtávání, srážení hran, zahlubování* [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1435>.

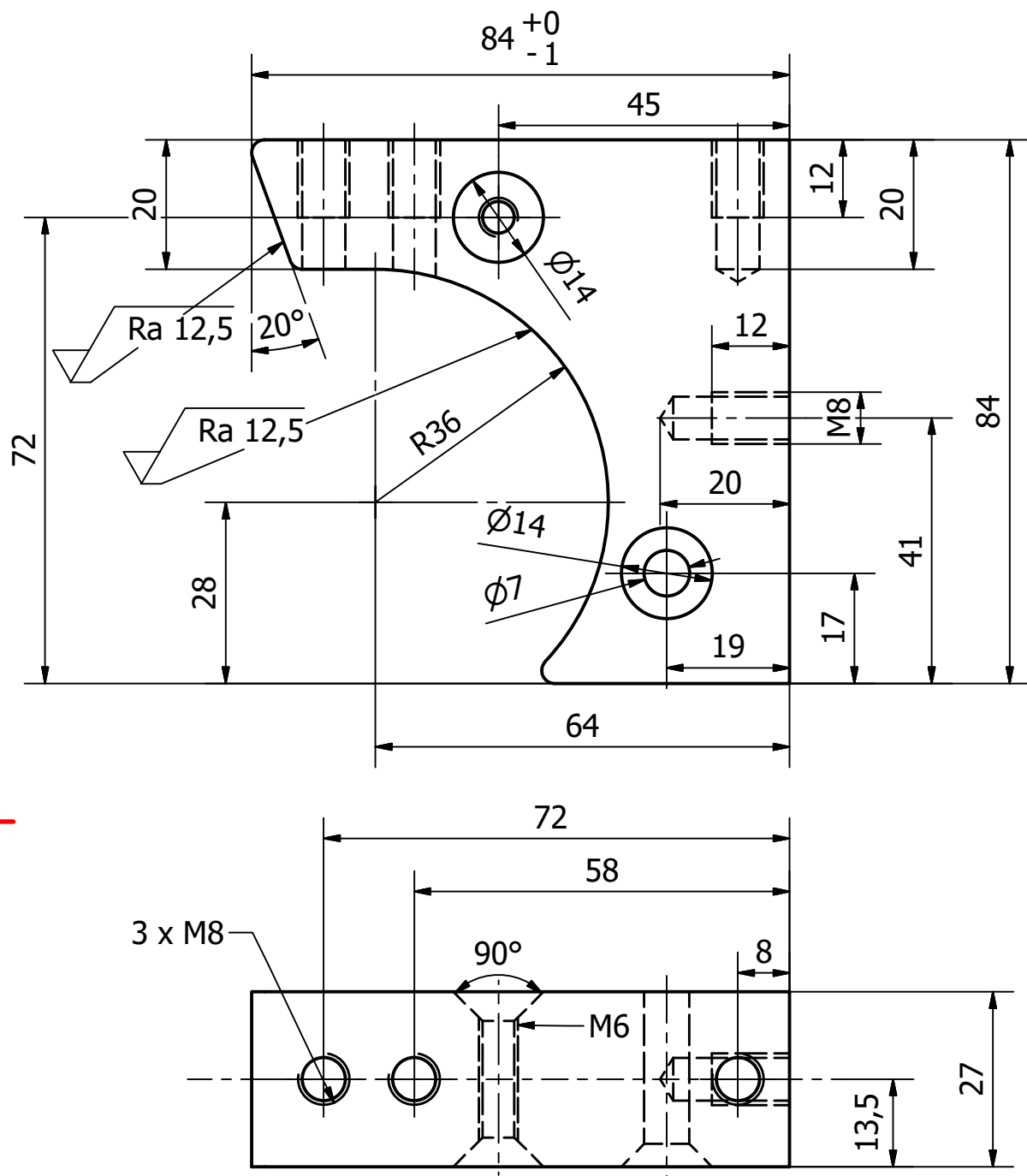
[22] *Tecnotrade: Obráběcí stroje* [online]. Kuřim, 2014 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.tecnotrade.cz/obrabeci-stroje/vertikalni-centra/doosan-mynx-6500/>.

[23] *Walter: GPS 4.3* [online]. 2018 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.walter-tools.com/cs-cz/press/media-portal/apps/gps/Pages/default.aspx>.

[24] *Nářadí: Yato* [online]. 2018 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.naradiyato.cz/zavitniky--prislusenstvi/>.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výkres součásti



Struktura povrchu: 	Hrany: $-0,3$ 	Měřítko 1 : 1	Přesnost: ISO 2768-mH Tolerování: ISO 8015 Promítání
Materiál: ČSN EN 485-4	Polotovár:	Hmotnost 0,26 kg	CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016
	Druh dokumentu: VÝKRES SOUČÁSTI	Název Klín	
	Kreslil: Jiří Langpaul		
	Schválil:	Číslo dokumentu Příloha 1	
	Datum vydání: 09.04.2018		