



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OBRÁBĚNÍ SOUČÁSTI PRO STATOR ELEKTROMOTORU

MACHINING OF A COMPONENT FOR AN ELECTRIC MOTOR STATOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radek Balajka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Radek Balajka**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**
Akademický rok: 2022/23

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:

Obrábění součásti pro stator elektromotoru

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Téma řeší náročnější výrobní proces součásti z elektromotoru. Hlavní využití tohoto elektromotoru je v kolejových vozidlech po celém světě.

Cíle bakalářské práce:

- Rozbor výkresu součásti a montážní sestavy.
- Charakteristika polotovaru.
- Návrh dílčích operací do výrobního procesu.
- Zpracování TPV dokumentace.
- Zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstrukční oceli. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 1996. 262 s. ISBN 80-85867-95-8.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

PERNIKÁŘ, Jiří a Miroslav TYKAL. Strojírenská metrologie II. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-8.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

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.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-720-4283-1.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-720-4283-1.

SUCHY, Ivana. Handbook of die design. 2nd edition. New York: McGRAW-HILL, 2006. P. 730. ISBN 0-07-146271-6.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce předkládá návrh technologie výroby součásti pro stator elektromotoru obráběním. Nejprve byl proveden rozbor vyráběné součásti a montážního celku. Dále bylo provedeno srovnání metod výroby polotovaru, ze kterých bylo vybráno dělení laserem. Součástí bakalářské práce je vypracování technologického postupu, včetně výběru strojů a seznamu nástrojů a měřidel. Nakonec bylo provedeno technicko-ekonomické zhodnocení, ze kterého plyne čas na výrobu jedné součásti a cena vyráběné série.

Klíčová slova

obrábění, polotovar, technologický postup, CNC stroj, elektromotor

ABSTRACT

This bachelor thesis presents a proposal for the production technology of a component for a stator of an electric motor using machining. First, an analysis of the manufactured component and the assembly unit was conducted. Subsequently, a comparison of semi-finished product manufacturing methods was performed, where laser cutting was chosen. The bachelor thesis includes the development of a technological procedure, including the selection of machines, a list of tools, and measuring instruments. Finally, a technical-economic evaluation was carried out, from which the time to produce one part and the cost of the series produced were derived.

Keywords

machining, semi-finished product, technological procedure, CNC machine, electric motor

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BALAJKA, Radek. *Obrábění součástí pro stator elektromotoru* [online]. Brno, 2023
Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/149434>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Obrábění součásti pro stator elektromotoru vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

Brno, 26. 05. 2023

místo, datum

Radek Balajka

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto pedagogovi z VUT v Brně, Ing. Milanu Kalivodovi, za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

Děkuji tímto finančnímu kontrolorovi, Ing. Danieli Balajkové, za cenné připomínky a rady, které mi poskytla při vypracování bakalářské práce.

Děkuji tímto programátorovi, CNC Michalu Valeriánovi, za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

Děkuji tímto technologovi, Bronislavu Václavíkovi, za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání práce

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	9
1 ROZBOR VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI.....	10
1.1 Rozbor montážní sestavy.....	11
1.2 Rozbor materiálu	11
1.3 Charakteristika polotovaru	12
1.4 Představení firmy ZAKO Turčín s r. o.....	14
1.5 Představení firmy Traktionssysteme Austria GmbH.....	15
2 NÁVRH DÍLČÍCH OPERACÍ DO TECHNOLOGIE VÝROBY	16
2.1 Povrchová úprava	19
2.2 Teplné zpracování.....	19
3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY	21
3.1 Volba stroje pro soustružení.....	21
3.2 Volba stroje pro frézování, vrtání a závitování	22
3.3 Práce na mechanické dílně	23
3.4 Volba nástrojů	24
3.4.1 Nástroje pro soustruh.....	24
3.4.2 Nástroje pro vertikální obráběcí centrum	26
3.5 Volba měřidel.....	35
3.6 Výpočet strojního času	35
3.7 Technologický postup	36
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	39
4.1 Výpočet ceny materiálu	39
4.2 Výpočet hodinové sazby stroje.....	39
4.3 Celkové náklady a diskuse	40
ZÁVĚR.....	41

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam příloh

Seznam výkresů

ÚVOD

Pro výrobu trakčního motoru, je potřeba vysoké úrovně znalostí, které musí moderní strojírenská firma vykazovat, aby byla v dnešním světě schopna uspokojit požadavky zákazníka. Mezi ovlivňující prvky patří vybavení podniku, expertíza zaměstnanců, přítomnost certifikátů pro výrobu požadovaných výrobků, a především výrobní kapacita, patřičná kvalita a termíny dodání.

Aby mohla firma v moderní době zůstat konkurenceschopná, musí být schopna nabídnout výše zmíněné atributy. Pochopitelně jsou v současné situaci pro zákazníka nejpřednější termíny dodání a cena. Jejich co možná největší eliminace lze dosáhnout i za pomoci vypracování vhodného technologického postupu a volbě vhodných strojů pro výrobu, kdy roli nehraje pouze jejich vhodnost, ale také vytížení v rámci strojního parku v dané firmě nebo hodinová sazba daného stroje.

Bakalářská práce pojednává o výrobě komponentu pro stator trakčního motoru pro kolejová vozidla, jehož montáž je znázorněna na obr. 1. Nejprve byla provedena volba součástí, která byla dále podrobena rozboru jak dané součásti, tak i montážní sestavy. Dále bude provedeno srovnání polotovarů, z nichž bude vybrán nejvhodnější. Součástí práce je návrh dílčích operací a vypracování technologického postupu a volba vhodných strojů a nástrojů. Nakonec bude provedeno technicko-ekonomické zhodnocení.



Obr. 1 – Montáž trakčního motoru do kolejových vozidel [1]

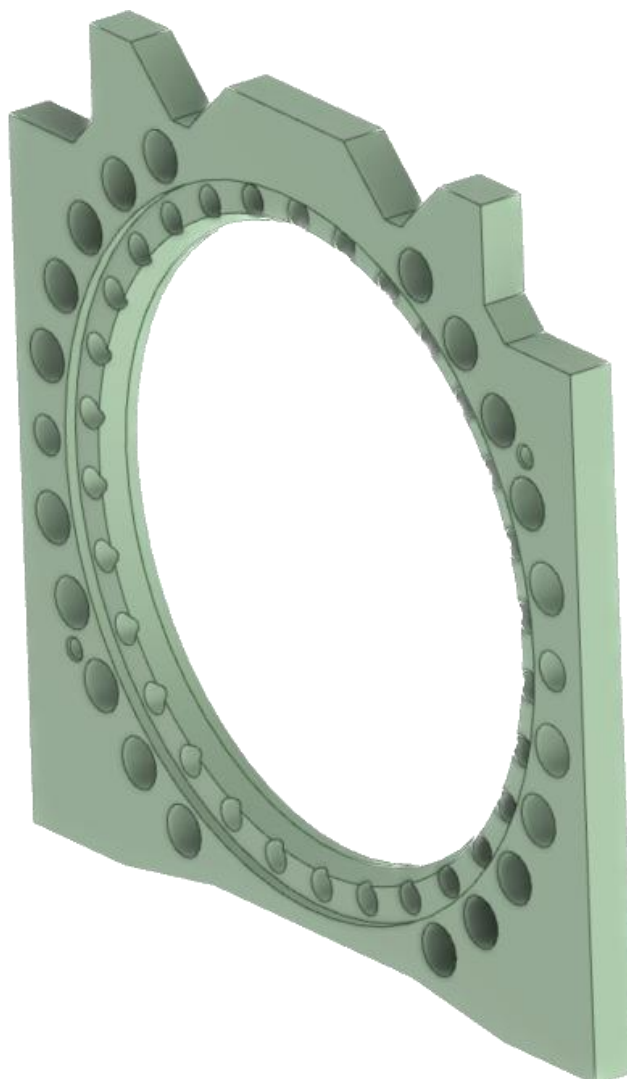
1 ROZBOR VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI

Po konzultaci s představiteli firmy ZAKO Turčín s r. o. byla zvolena součást Pressplatte, jejíž český překlad je přitlačná deska. Informace k součásti jsou na tab. 1.

Tab. 1 Informace o součásti Pressplatte

Název součásti	Pressplatte
Číslo Výkresu	ZA430421
Materiál součásti	S355 J2+N / 11 503.1
Hmotnost součásti	12,6 kg

Součást, která je vidět na obr. 2 je obdélníkového tvaru s největšími rozměry 430x421. Tloušťka v jejím obrobeném stavu činí $24 \pm 0,5$. Na díle se nachází dvacet děr $\varnothing 26$ na roztečné kružnici $\varnothing 390$. Dále se na roztečné kružnici $\varnothing 386$ nachází dvě díry $\varnothing 20$. Na roztečné kružnici $\varnothing 336$ se nachází třicet děr $\varnothing 16$, z nichž dvě jsou díry přesné, konkrétně $\varnothing 16 h11$. Na díle budou také vrtány dvě díry $\varnothing 20$ a dvě díry se závitem M12x13/18. Všechny díry, které jsou menšího průměru než 27, mají geometrickou toleranci polohy osy ke konstrukčním základnám A, B, C o hodnotách 0,3 a 0,5. Ve středu dílu se nachází frézovaná díra $\varnothing 358$, která přechází na díru $\varnothing 310 H8$ z druhé strany, a která má předepsanou hodnotu Ra 4. Výkres součásti je uveden v příloze 1.



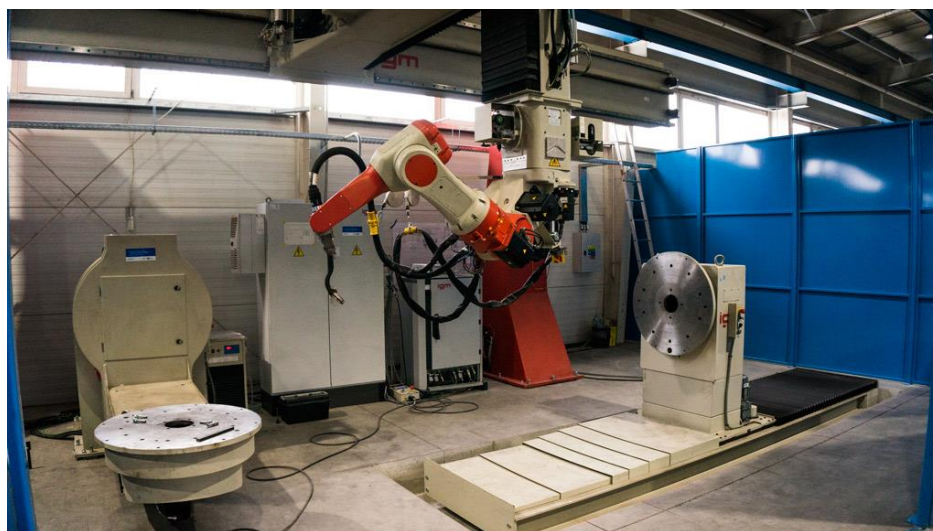
Obr. 2 – Model vyráběné součásti

1.1 Rozbor montážní sestavy

Sestavou, znázorněnou na obr. 3, je rozuměn svařenec stator připraven pro vinutí. Jeho největší rozměry jsou shodné s největšími rozměry vyráběné Pressplatte, kromě tloušťky hotové sestavy. Hlavní část pro vinutí statoru je zhotovena za pomoci vrstvení výstřižků statorových plechů. Celá sestava je dále svařována ve svařovací přípravku pomocí sedmiosého svařovacího robota, který je vidět na obr. 4. Na závěr je sestava lakována podle zákazníkem dodaného nátěrového výkresu, kde musí být chráněny určité plochy.



Obr. 3 – Montážní sestava [15]



Obr. 4 – Sedmiosý svařovací robot IGM 477-S [5]

1.2 Rozbor materiálu

Požadavek zákazníka na výrobu součásti je ocel S355J2+N. Jedná se o nejběžněji používanou konstrukční ocel s minimální mezí kluzu 355 MPa a zaručenou svařitelností. Její použití je pro nenáročné ocelové konstrukce mostů, hal, částí kolejových a motorových vozidel atd. [2] Její mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tab. 1 a její chemické složení je uvedeno v tab. 2. Přídavek +N značí, že materiál je normalizačně žihán. [4]

Tab. 1 – Mechanické vlastnosti [2, 3, 5]

Mez kluzu [MPa]	Mez pevnosti v tahu [MPa]	Tažnost [%]	Obrobitelnost [-]	Tvrдость [HB]
min. 345	470 – 630	min. 21	14b	150 – 200

Tab. 2 – Chemické složení [2]

Prvek	C [%]	Mn [%]	Si [%]	N [%]	P [%]	S [%]	Cu [%]
Obsah	0,23 – 0,24	1,70	max. 0,03	0,01	0,045	0,04	max. 0,3

1.3 Charakteristika polotovaru

Polotovar je nedokončený výrobek určený k dalšímu zpracování. I když může být pro určitou fázi výroby hotovým výrobkem, pro další činnosti se stává pouze polotovarem. Například odlitek může být pro slévárnu hotovým výrobkem, ale pro další fázi výroby, jako je obrábění, je již jen polotovarem. [19]

Volba správného polotovaru je stále obtížnějším úkolem v oblasti technologie a ekonomiky. Obecně platí, že pro výrobu menšího počtu součástek (např. v kusové a malosériové výrobě) se používají hrubé polotovary s většími přídávky na obrábění (často normalizované), zatímco pro výrobu velkého množství součástek (např. v sériové a hromadné výrobě) se používají přesné polotovary s menšími přídávky (často nenormalizované). [19]

Hlavním faktorem, který ovlivňuje volbu polotovaru, je jejich cena, která závisí na počtu kusů. Normalizované polotovary jako plechy nebo tyče jsou obvykle levnější než nenormalizované polotovary, které se vyrábějí pouze na objednávku. [19]

Normalizované polotovary jsou omezeny určitými standardními velikostmi, což může být nevýhodou, protože někdy musí být zvolen větší rozměr polotovaru, než je potřeba a následně odebírat větší přídavek na obrábění. To může způsobit zbytečné náklady a ztrátu materiálu. [19]

S ohledem na výše zmíněná fakta budou posouzeny následující technologie výroby polotovaru:

- kování
Kování je proces, při kterém se materiál tvaruje objemovým tvářením za použití tepla a úderů nebo tlaku. Výsledkem kování je výkovek, který má požadovaný tvar a strukturu, což vede k lepším mechanickým a fyzikálním vlastnostem výrobku. Výhodou výkovek je také jejich příznivá mikrostruktura. [7] I přes výše zmíněné výhody není technologie vhodná pro výrobu polotovaru, jelikož se jedná o polotovar přesný a vhodný spíše pro sériovou výrobu. Zápustkové kování je znázorněno na obr. 5.
- řezání vodním paprskem
Jde o moderní technologii, která umožňuje přesné řezání materiálů s minimálními ztrátami a ekologickým dopadem. Proces funguje na základě vysokotlakého čerpadla, které posílá vodu s extrémně vysokým tlakem (generováno speciálním generátorem vodního tlaku) do hlavy s řezací tryskou, jejíž díra má průměr od 0,1 do 0,4 mm. Voda z trysky proudí rychlostí, která je třikrát větší než rychlost zvuku a umožňuje precizní řezání materiálů. Její výhody jsou tenký řez, tím je minimalizován odpad materiálu a také nevzniká tepelně ovlivněná oblast a žádné deformace. [19]

I přes zmíněné kлады se nejedná o technologii vhodnou, a to z důvodu příliš vysokých nákladů. Technologie řezání vodním paprskem je znázorněna na obr. 6.



Obr. 5 – Zápustkové kování [9]



Obr. 6 – Řezání vodním paprskem [10]

- hutní polotovar

Hutní výrobky jsou často používány jako základní materiál ve strojírenství. Avšak pro průmyslové podniky slouží jako východisko hutní polotovary, které jsou normalizované a mají různé příčné průřezy s různými rozměrovými a geometrickými vlastnostmi. [19] I když se jedná o hrubý polotovar, tudíž vhodný pro kusovou výrobu a firma disponuje pilou nutnou pro dělení materiálu, jako problematické se jeví vysoké ztráty materiálu, dané povahou vyráběné součásti, těmi jsou vysoké množství odpadu, vysoká spotřeba VBD a dlouhá doba výroby. Řezání hutního polotovaru lze vidět na obr. 7.

- laserový výpalek

Metoda řezání laserem spočívá v tepelném ovlivňování materiálu pomocí laserového paprsku. Paprsek je koncentrován do malého místa, zvaného ohnisko, s průměrem obvykle mezi 0,02 a 0,25 mm. Zde se materiál ohřívá na určitou teplotu, která umožňuje řezání nebo odpaření materiálu. [19] Řezání na CNC laseru aktuálně patří mezi nejefektivnější a nejpoužívanější technologii v oblasti zpracování plechu. Mezi hlavní výhody patří vysoká přesnost, rychlost a příznivá cena. Nevýhodou je vznik tepelně ovlivněné oblasti, která způsobuje lokální zvýšenou tvrdost. Tento jev se dá obrátit aplikací žíhání. Pro výpalek je nutno brát v potaz přídavek pro obrábění, který je stanoven zákazníkem z výkresu, avšak i ten musel být upraven, kvůli výsledné struktuře povrchu. Vzhledem ke kladům výpalků a požadavkům zákazníka bude použita tato technologie. Vypalování laserem je vidět na obr. 8. Výkres výpalku je v příloze 2.



Obr. 7 – Řezání polotovaru [11]



Obr. 8 – Laserové řezání [12]

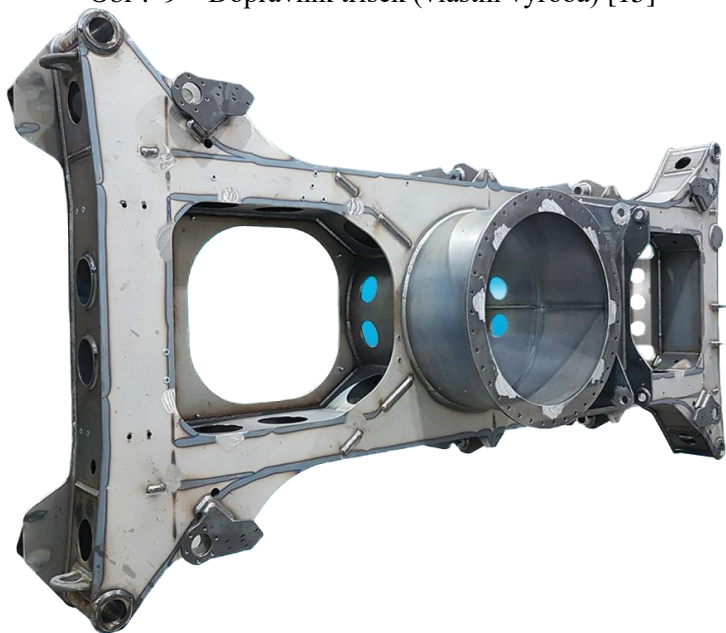
1.4 Představení firmy ZAKO Turčín s r. o.

ZAKO Turčín s r. o., moderní rodinný strojírenský podnik, byl založen v roce 1996 a sídlí v regionu jihovýchodní Moravy poblíž města Zlín. Tento kraj se již dlouhá léta proslavuje vysokou úrovní strojírenské výroby, na které je i firma založena.

Firma podniká ve třech oborech – obrábění, zámečnictví a montážní celky. ZAKO Turčín s r. o. se snaží neustále vylepšovat své služby a výrobní procesy tak, aby splňovaly očekávání zákazníků. K tomuto účelu používá špičkovou technologii, která umožňuje vysokou kvalitu výroby a krátké dodací lhůty. Do produktů integruje výrobky a služby od dodavatelů, které průběžně testuje a hodnotí z hlediska jejich kvality. Snaží se splnit požadavky zákazníků prostřednictvím účinné a nezávislé kontroly kvality ve všech fázích přípravy a realizace výroby. [14] Produkty firmy jsou znázorněny na obr. 9 a 10.



Obr. 9 – Dopravník třísek (vlastní výroba) [15]



Obr. 10 – Šasi (Výroba pro zákazníka) [15]

1.5 Představení firmy Traktionssysteme Austria GmbH

Traktionssysteme Austria GmbH, dále jen TSA, je přední společností v oblasti trakčních motorů a generátorů a je rovněž jedinou společností na světě, která se specializuje výhradně na tuto oblast. Na rozdíl od jiných společností, které se omezují na produkty pro konkrétní výrobce vozidel, vytváří TSA řešení pro všechny zákazníky. Mezi její produkty patří trakční motory pro kolejová vozidla, autobusy a letištní vozidla, trakční alternátory, převodovky a trakční pohony.

Jedním ze způsobů, kterým se firma odlišuje od konkurence, je zaměření na výrobu menších a lehčích elektrických motorů, což vede k větší hustotě výkonu a zlepšené efektivitě pro zákazníky. Firma používá nejmodernější technologie a pokročilé výrobní procesy, aby zajistila, že produkty splňují přísné požadavky kvality a spolehlivosti. [16] Produkty TSA lze vidět na obr. 11 a 12.



Obr. 11 – Trakční motor TMF 64A-53-6 pro lokomotivy vyroben pro Indické dráhy [17]



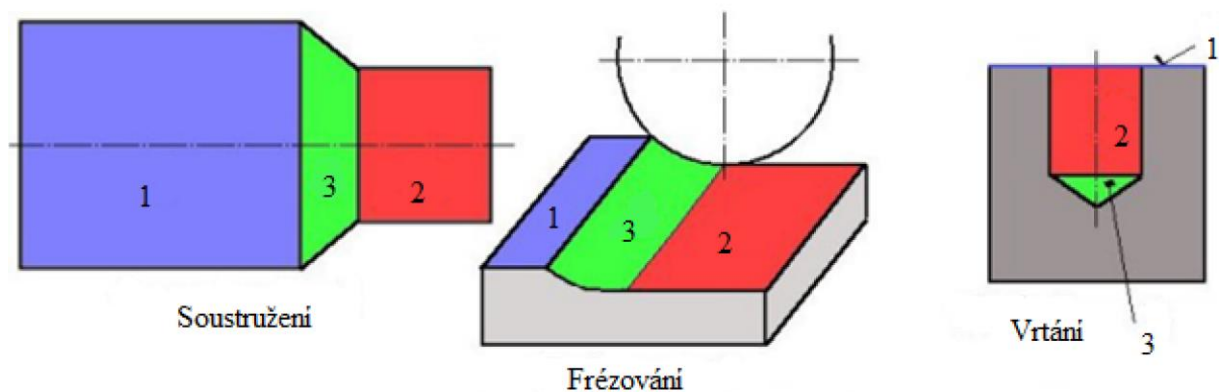
Obr. 12 – Trakční motor TMPW 38-26-8 pro elektrobusy využívané v Německu a Velké Británii [18]

2 NÁVRH DÍLČÍCH OPERACÍ DO TECHNOLOGIE VÝROBY

U součásti Pressplatte se jedná o podpozici pro montážní celek stator elektromotoru připravený pro vinutí, který bude v rámci podniku dále zpracováván. Výroba bude přizpůsobena strojovému parku firmy ZAKO Turčín s.r.o. Využívaná bude především technologie obrábění.

Obrábění je technologický proces, při kterém jsou vytvářeny povrchy obrobku určitého tvaru, rozměrů a jakosti odebráním částic materiálu účinky mechanickými, elektrickými, chemickými, případně jejich kombinací. Plochy na obrobku jsou na obr. 13 a je lze rozdělit na [13]:

- obráběnou plochu – část povrchu obrobku odstraňovaná (přetvářená) obráběním
- obrobenou plochu – plocha obrobku, vzniklá působením řezného nástroje
- přechodová plocha – okamžitá plocha obrobku, vytvářená při obrábění působením ostří řezného nástroje



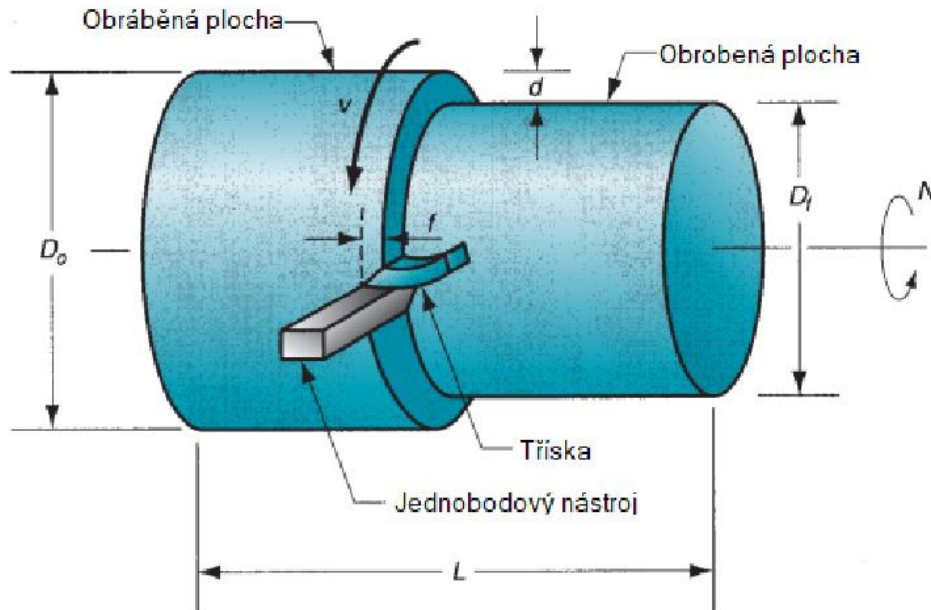
1 - obráběná plocha, 2 - obrobená plocha, 3 - přechodová plocha

Obr. 13 – Plochy na obrobku [13]

Technologie obrábění, které budou využity pro výrobu součásti jsou:

- soustružení

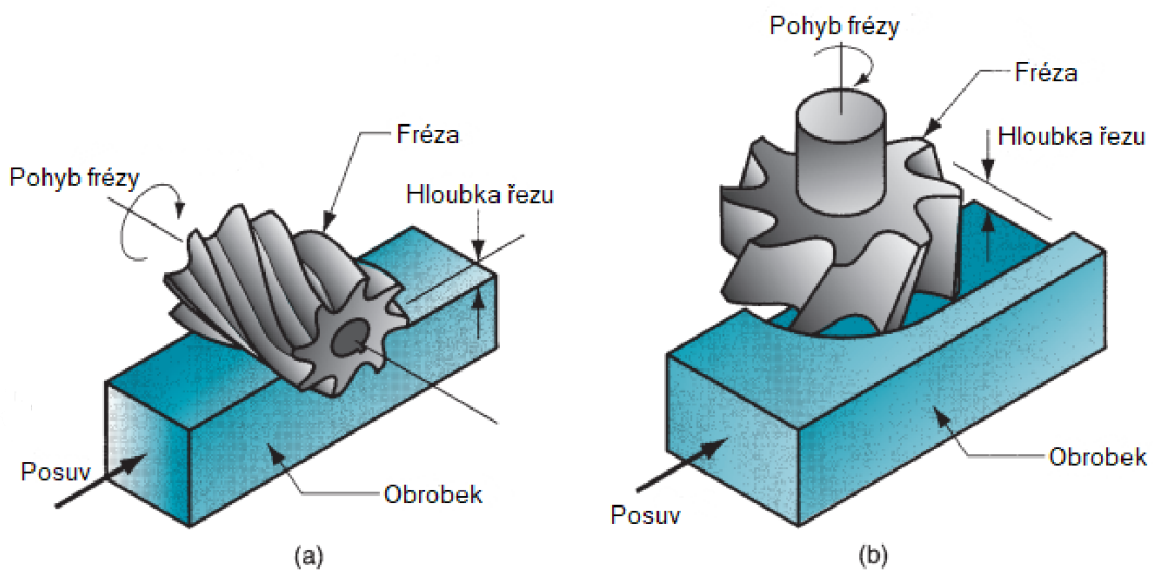
Je metoda obrábění, která se používá k odstraňování materiálu z povrchu rotujícího obrobku pomocí jednobodového nástroje. Tento nástroj se přivádí lineárně ve směru rovnoběžném s osou obrábění, což umožňuje vytváření válcové geometrie. Soustružení se obvykle provádí na obráběcím stroji nazývaném soustruh, který je vybaven pohonem pro rotaci obrobku a posuv nástroje. Díky nastavené rychlosti otáčení obrobku, rychlosti a hloubce řezu se materiál postupně odstraňuje a vytváří se požadovaný tvar. Soustružení je jednou z nejčastějších metod obrábění a používá se pro výrobu různých druhů součástí v průmyslu, jako jsou například hřídele, ložiska, převodovky nebo příruby [20]. Operaci soustružení lze vidět na obr. 14.



Obr. 14 – Operace soustružení [20]

- frézování

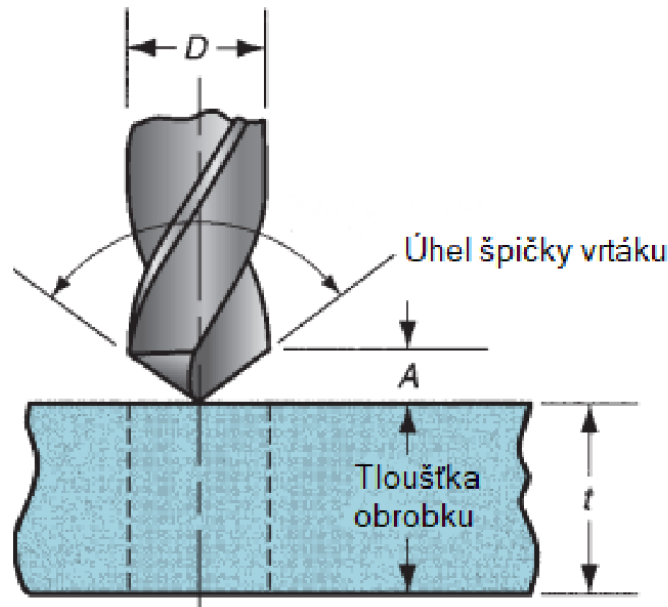
Je proces obrábění, při kterém se obrobek pohybuje kolem rotujícího nástroje, který je vybaven několika řeznými hranami, známými jako zuby. Tento nástroj se nazývá fréza a obvykle má cylindrický tvar. Při frézování se obrobek může posouvat kolmo k ose otáčení nástroje. Tato metoda se liší od vrtání, kdy je nástroj posouván rovnoběžně s osou otáčení. Frézování se obvykle provádí na stroji zvaném frézka, který poskytuje nutné pohony pro rotaci frézy a posuv obrobku. Frézování se používá k vytváření různých tvarů a otvorů v obrobku a může být prováděno na různých materiálech, včetně kovů, plastů a dřeva. [20] Tato operace je znázorněna na obr. 15.



Obr. 15 – Operace frézování [a) obvodové frézování, b) čelní frézování]

- vrtání

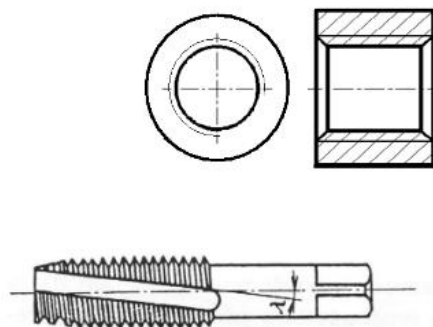
Je proces, který slouží k vytvoření kulatého otvoru v materiálu nebo obrobku. Tento proces se liší od vyvrtávání, které slouží pouze ke zvětšení již existujícího otvoru. Vrtání se obvykle provádí s pomocí rotujícího válcového nástroje, který má na svém pracovním konci dvě řezné hrany nazývané vrtací břity. Nejčastěji používaným vrtákem je spirálový vrták, který se zasouvá do materiálu a postupně vytváří otvor s průměrem odpovídajícím průměru vrtáku. Vrtání se obvykle provádí na speciálním stroji nazývaném vrtačka, ale existují i jiné stroje a nástroje, které umožňují provádět tuto operaci. [20] Vrtání je možné vidět na obr. 16.



Obr. 16 – Operace vrtání [20]

- závitování (vnitřní)

Pro řezání vnitřních závitů menších průměrů se často používají speciální nástroje nazývané závitníky. Tyto nástroje mají tvar válce se závitovými drážkami, které jsou vyfrézovány do jeho povrchu a slouží k řezání tvaru závitů. Tyto drážky také pomáhají odvádět vznikající třísky a zajišťují tok řezné kapaliny do řezného místa. Menší závitníky mají obvykle 3-4 drážky, zatímco u větších závitníků se může jejich počet zvýšit až na 8. Větší počet drážek umožňuje závitníku být lépe veden v otvoru a vytvářet kratší třísky. Závitníky mohou mít drážky ve tvaru šroubovice nebo být přímé. [21] Závitník se šroubovicovou drážkou je možné vidět na obr. 17.

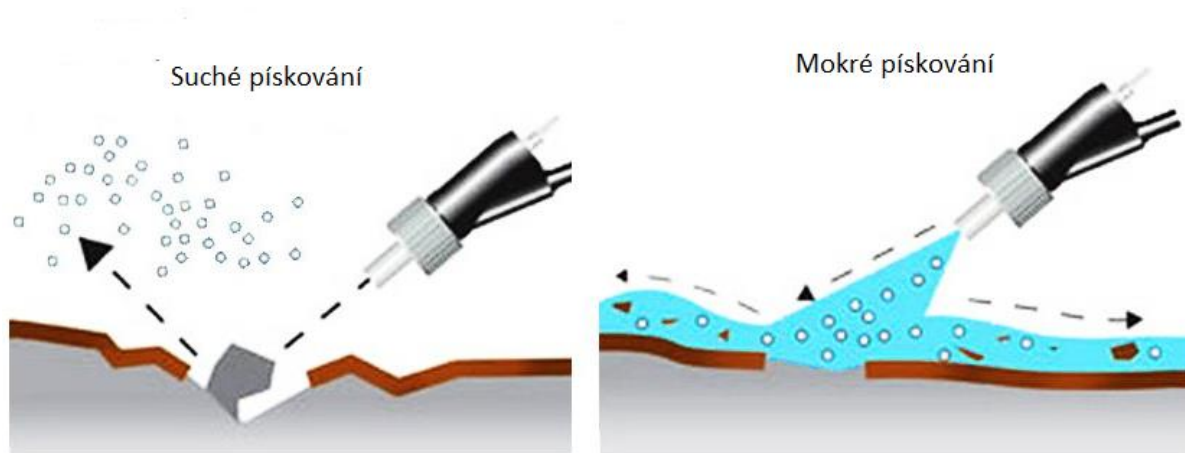


Obr. 17 – Závitník se šroubovicovou drážkou pro průchozí díry [21]

2.1 Povrchová úprava

V obrábění se tryskání používá k čištění a úpravě povrchu materiálů, k odstraňování nečistot a povrchových vrstev, k odstraňování koroze, k vylepšení adheze povlaků a k vytváření textury povrchu pro lepší estetiku nebo funkčnost.

Tryskání je technika, která se používá k čištění a úpravě povrchu materiálů pomocí vysokorychlostního proudění. Pískování je nejznámější metodou, při které se jako tryskací médium používá zrnitý písek. Existuje však mnoho dalších možností, jako jsou tvrdé abrazivní materiály, například oxid hlinitý nebo karbid křemíku, a měkká média, jako jsou kuličky z nylonu nebo drcené skořápky ořechů. Tato média jsou tryskána na povrch pod vysokým tlakem pomocí vzduchu nebo odstředivé síly. V některých případech se proces provádí za mokra, kdy se jemné částice suspendované ve vodě pod tlakem směřují na povrch materiálu. Tryskání se používá v různých průmyslových odvětvích, včetně strojírenství, automobilového průmyslu, letectví a stavebnictví. [20] Princip pískování je na obr. 18.



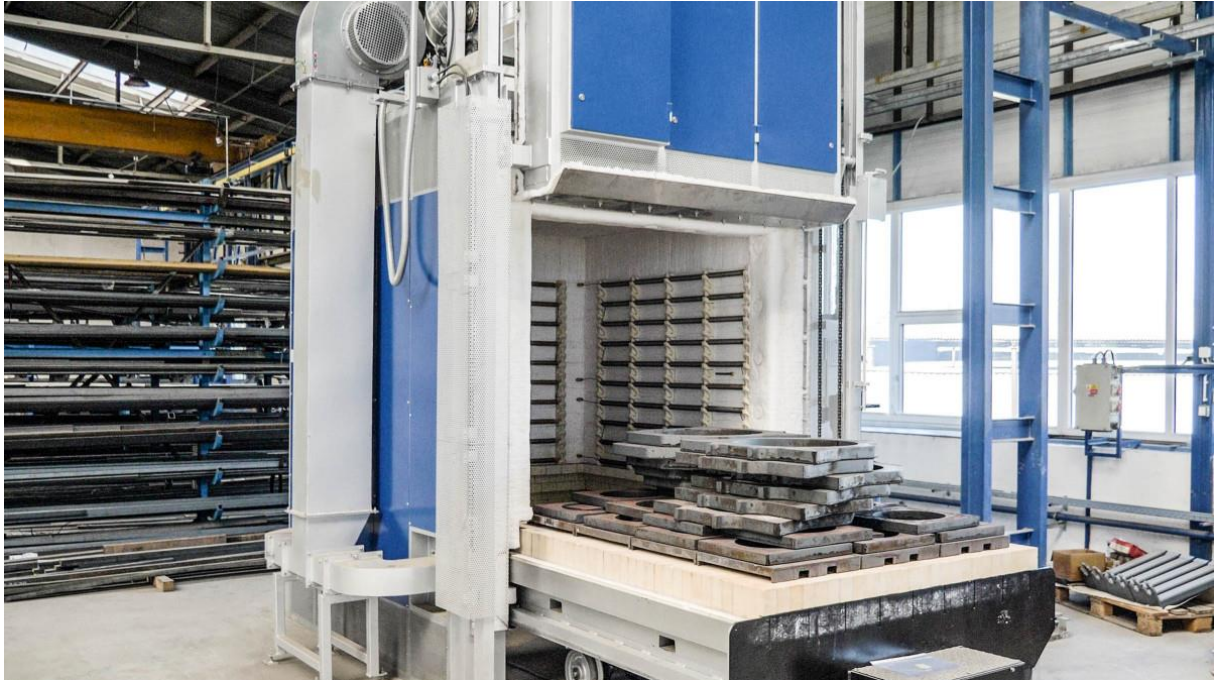
Obr. 18 – Suché a mokré pískování [22]

2.2 Teplné zpracování

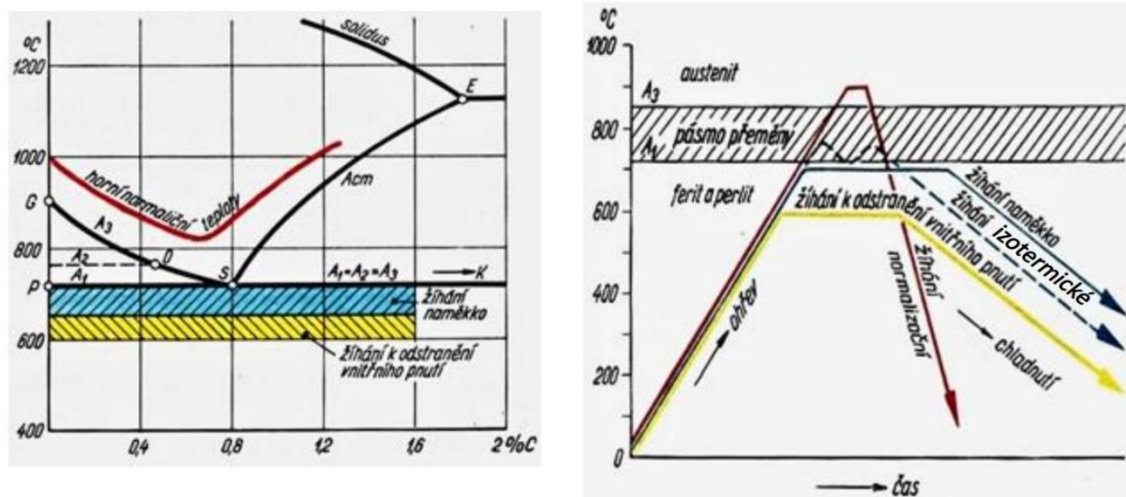
Teplné zpracování se v obrábění provádí z několika důvodů. Jedním z hlavních důvodů je dosažení požadovaných mechanických vlastností kovového materiálu. Pro dosažení požadovaných vlastností bude využito žíhání, a to s ohledem na předchozí zkušenosti s výrobou, kdy kvůli tepelně ovlivněné oblasti, vzniklé výrobou polotovaru, dochází k vyšší spotřebě VBD u soustružení.

Žíhání je proces, při kterém se kov zahřívá na specifickou teplotu, udržuje se na této teplotě po určitou dobu a následně pomalu ochlazuje. Tento proces se používá v obrábění kovů z různých důvodů. Jedním z nich je snížení tvrdosti a křehkosti kovu, což může vést ke zpevnění materiálu, změnit jeho mikrostrukturu a zlepšit jeho obrobiteľnosť nebo tváriteľnosť. Žíhání se také používá k rekrystalizaci kovů, které byly studeně opracovány, a k odstranění zbytkových napětí z předchozích procesů. Proces žíhání je mnoho v závislosti na tom, jak se provádí a jaké teploty se používají vzhledem k teplotě rekrystalizace kovu. Pro výrobu bude využito normalizační žíhání. [20] Žíhání se provádí v žíhacích pecích. Pro tyto účely zakoupila firma ZAKO Turčín s r. o. v rámci výstavby nového centra povrchový úprav novou žíhací pec, kterou je možné vidět na obr. 19.

Normalizační žíhání se vztahuje k železným kovům, zejména k těm s nízkým a středním obsahem uhlíku. Jeho proces spočívá v zahřátí kovu na teplotu, kde se mění na austenit, a následném pomalém ochlazení na vzduchu. Tímto procesem vzniká jemný perlit v kovu. Normalizačním žíháním je dosaženo snížení tvrdosti, zvýšení tažnosti a eliminaci vnitřních pnutí. [20, 23] Žíhací teploty a diagram časových a teplotních průběhů žíhání je na obr. 20.



Obr. 19 – Nově pořízená žíhací pec v centru povrchových úprav [15]



Obr. 20 – Žíhací teploty a diagram časových a teplotních průběhů u žíhání [24]

3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

Pro výrobu budou uvažovány stroje ze strojního parku firmy ZAKO Turčín s r. o. Při volbě stroje nebude uvažována pouze vhodnost stroje pro danou operaci a rozměry výrobku, ale také vytížení v rámci firmy a jeho hodinová sazba, aby bylo dosaženo nejen co možná nejnižší ceny, ale také příznivých termínů dodání. Výrobní série objednaná zákazníkem činní 120 ks.

3.1 Volba stroje pro soustružení

Soustružení vyráběného dílu není optimální operace, jelikož při soustružení Pressplatte dochází k přerušovanému řezu, kdy ve větší míře dochází k opotřebení ložisek soustruhu a vyšší spotřebě VBD. Přes tyto negativa je však drasticky kratší doba upínání, která ve výsledku hraje důležitou roli při výpočtu strojního času, a tudíž i výpočtu ceny. Dalšími faktory pro upřednostnění soustružení před frézováním je také relativně nižší vytížení soustruhu oproti obráběcímu centru a nižší hodinová sazba stroje.

Firma disponuje mnoha soustruhy, pro výrobu součásti však připadá v úvahu pouze soustruh Mori Seiki SL 403BMC / 800. Stroj je vybaven operačním systémem MAPPS IV. Základní parametry stroje jsou uvedeny v tab. 3, všechny parametry jsou pak uvedeny v příloze 3. Stroj lze vidět na obr. 21 Ukázka NC programu je v příloze 4.

Tab. 3 – základní parametry stroje Mori Seiki SL 403BMC / 800 [6]

Výkon motoru [kW]	Max. průměr otáčení [mm]	Max. otáčky vřetena [min^{-1}]	Max délka otáčení [mm]
37	650	2 400	863



Obr. 21 – Soustruh Mori Seiki SL 403BMC / 800

3.2 Volba stroje pro frézování, vrtání a závitování

Ze strojního parku firmy ZAKO Turčín s r. o. připadají v úvahu dva stroje pro operace frézování, vrtání a závitování. Těmito stroji jsou vertikální obráběcí centrum Tajmac – ZPS MCFV 1060 a pětiosé obráběcí centrum Tajmac – ZPS 1220 POWER. Oba stroje mají dostatečné rozjezdy a jsou vhodné pro vyráběnou součást. Rozhodující vlastností bude aktuální vytížení stroje při zohlednění termínu výroby. Aktuální série bude zpracována na vertikálním obráběcím centru.

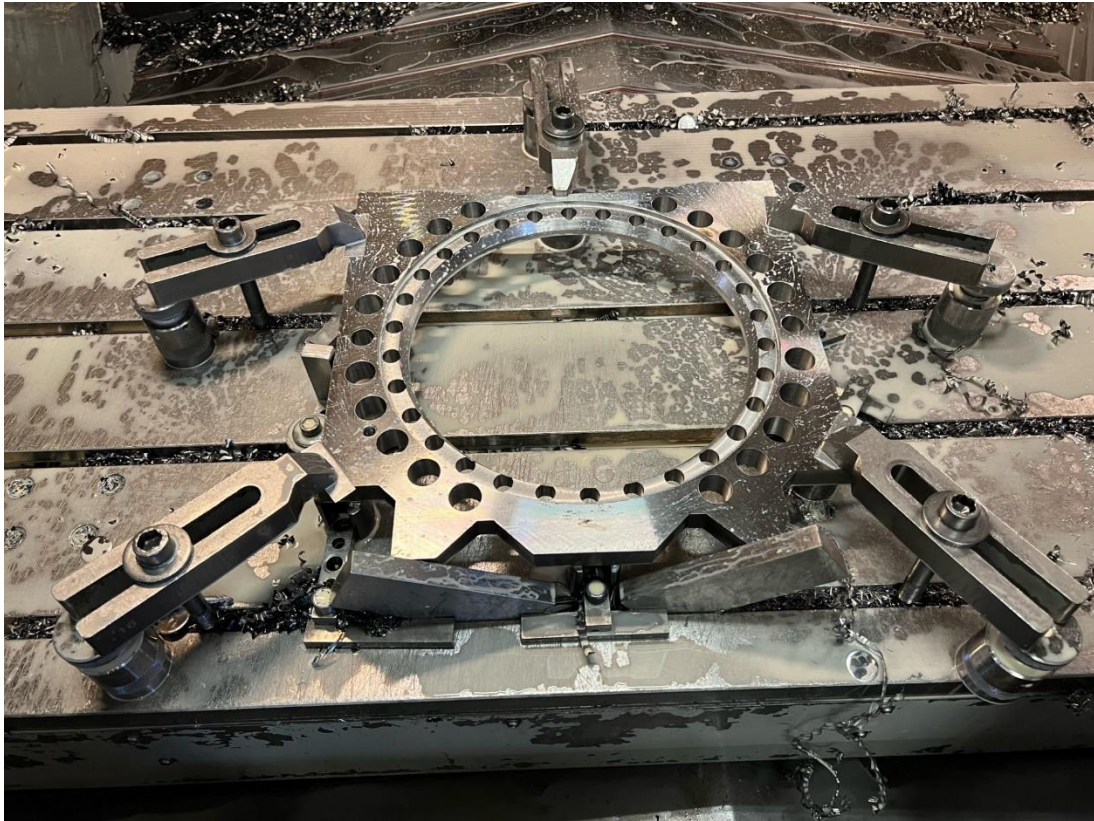
Vertikální obráběcí centrum Tajmac – ZPS MCFV 1060 se jeví jako ideální stroj v rámci firemních podmínek, a to nejen vhodností pro operace prováděné při výrobě součásti, ale také příznivou hodinovou sazbou, která se promítne do ceny výrobku. Stroj je vybaven řídicím systémem HEIDENHAIN. Základní parametry stroje jsou uvedeny v tab. 4, zbylé parametry jsou pak uvedeny v příloze 5. Stroj lze vidět na obr. 22. Na obr. 23 lze vidět upnutý kus obrobek po soustružení, frézování, vrtání a závitování. V příloze 6 je uvedena ukázka NC programu.

Tab. 4 – základní parametry stroje Tajmac – ZPS MCFV 1060 [6]

Rozjezdy (v osách X-Y-Z) [mm]	Max. zatížení stolu [kg]	Max. otáčky vřetena [min ⁻¹]	Trvalý výkon motoru [kW]
1 016 x 610 x 760	1 350	8 000	20



Obr. 22 – Vertikální obráběcí centrum Tajmac – ZPS MCFV 1060 [6]



Obr. 23 – Upnutý obrobený kus ve stroji Tajmac – ZPS MCFV 1060

3.3 Práce na mechanické dílně

V rámci bezpečnosti práce je nutné odstranit ostré třísky z hran, které zůstanou po každé operaci obrábění. Po soustružení bude odstranění třísky z hran provedeno obyčejnou úhlovou bruskou s brousícím kotoučem. Pro frézování a vrtání bude použita pneumatická stopková mikro bruska Hazet 9032 M, která je na obr. 24. Dále musí být dílce označeny dle předpisu zákazníka. Pro tento účel bude použito značení dílců mikroúderou, konkrétně strojem SIC Marking E10 P123, který je na obr. 25. Všemi zmíněnými stroji již firma již disponuje.



Obr. 24 – Pneumatická stopková mikrobruska Hazet 9032 M [25]



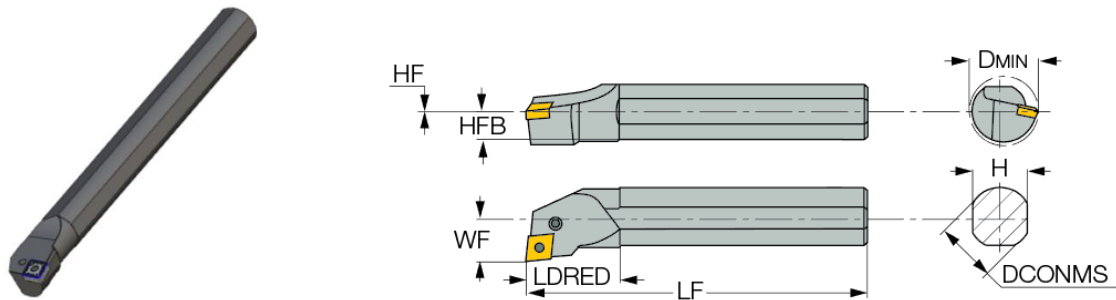
Obr. 25 – Značící stroj SIC Marking E10 P123 [26]

3.4 Volba nástrojů

Nástroje jsou voleny od různých dodavatelů, se kterými má firma zkušenost a dohodnuté rámcové smlouvy, avšak s ohledem na kvalitu a spolehlivost. Nástroje budou tedy voleny pouze od uznávaných výrobců. Volba nástrojů bude mít zásadní dopad na cenu vyráběného dílce.

3.4.1 Nástroje pro soustruh

Pro soustružení díry bude použit vnitřní soustružnický nůž pravý S25S PCLNR-12 od firmy ISCAR ČR s r. o., viditelný na obr. 26. Parametry nástroje jsou uvedeny v tab. 5.

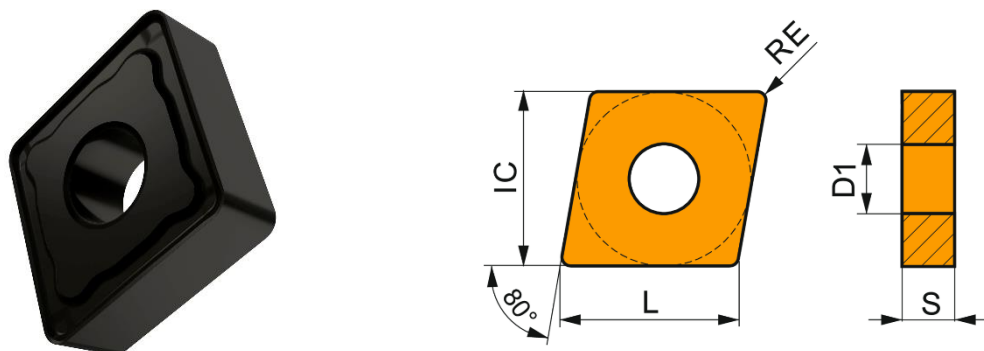


Obr. 26 – Soustružnický nůž S25S PCLNR 12 [27]

Tab. 5 – Parametry S25S PCLNR 12 [27]

LF [mm]	H [mm]	Dmin [mm]	LDRED [mm]	HF [mm]	HFB [mm]	WF [mm]
250	23	32	48	0	11,5	17

Použita bude VBD CNMG 120412E-NM od společnosti Dormer Pramet s r. o. Řezný materiál destičky, T9325, což je funkčně gradientní WC-Co s povlakem MT-CVD. [28] VBD je na obr. 27 a její parametry jsou uvedeny v tab. 6.

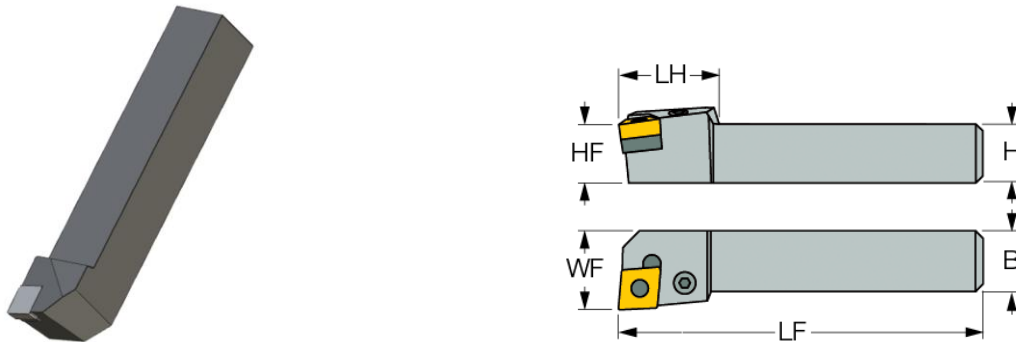


Obr. 27 – VBD CNMG 120412E-NM [28]

Tab. 6 – Parametry VBD CNMG 120412E-NM [28]

IC [mm]	RE [mm]	D1[mm]	L [mm]	S [mm]	Hmotnost [g]
12,7	1,2	5,16	12,9	4,76	9,4

Pro čelní soustružení bude použit vnější soustružnický nůž PCLNL 2525M-12 od společnosti ISCAR ČR s r. o., viditelný na obr. 28. Parametry nástroje jsou uvedeny v tab. 7.

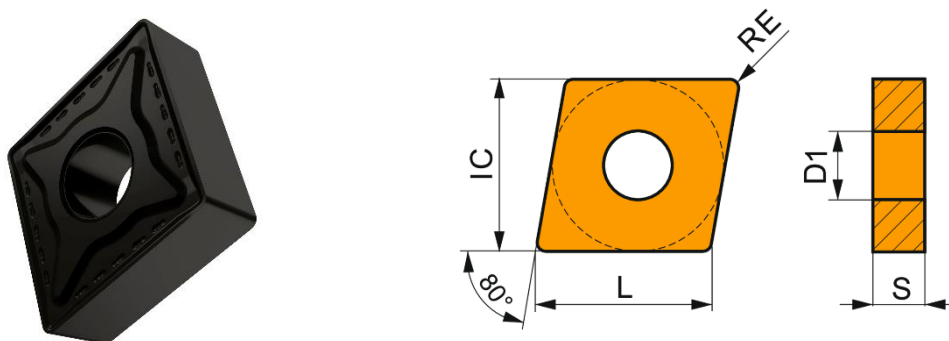


Obr. 28 – Soustružnický nůž PCLNL 2525M-12 [29]

Tab. 7 – Parametry nástroje PCLNL 2525M-12 [29]

LF [mm]	H [mm]	B [mm]	LH [mm]	HF [mm]	WF [mm]
150	25	25	27,8	25	32

Bude použita VBD CNMG 160612E-RM od společnosti Dormer Pramet s r. o. Řezný materiál je totožný s dříve použitou VBD. Je nutno zdůraznit, že tato VBD bude čelit vyšší spotřebě, a to z důvodu přerušovaného řezu, který nastává na okrajích vyráběného dílu. VBD je viditelná na obr. 29 a její parametry jsou uvedeny v tab. 8.



Obr. 29 – VBD CNMG 160612E-RM [30]

Tab. 8 – Parametry VBD CNMG 160612E-RM [30]

IC [mm]	RE [mm]	D1[mm]	L [mm]	S [mm]	Hmotnost [g]
15,875	1,2	6,35	16,1	6,35	20,3

3.4.2 Nástroje pro vertikální obráběcí centrum

Nástroje využívané na vertikálním obráběcím centru budou upnuty tepelně do odpovídajících tepelných upínačů, jelikož je jedná o přesnou a spolehlivou metodu upínání nástrojů. Firma již disponuje přístrojem, který je na obr. 30, pro tepelné upínání a upínací nástrojů, příklad je na obr. 31, od firmy HAIMER GmbH, které budou použity pro odpovídající nástroje.

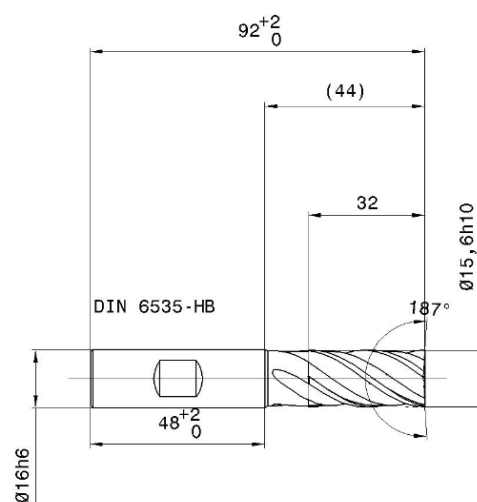


Obr. 30 – Přístroj pro tepelné upínání HEIMER [31]



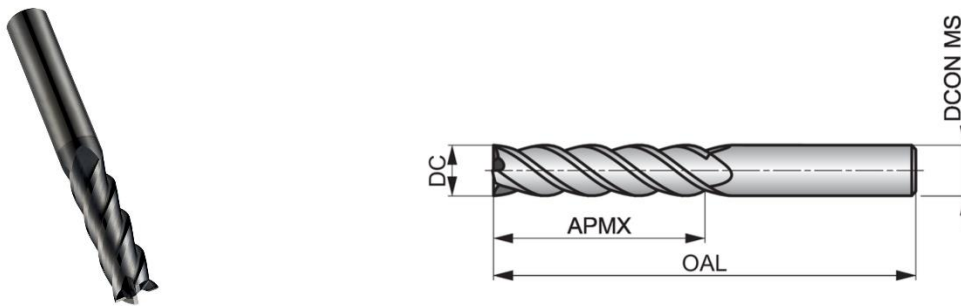
Obr. 31 – Tepelný upínač HEIMER 50.44.16.3[32]

Pro hrubování obvodu je zvolena fréza z SK RF 100 o $\text{Ø}15,6$ od společnosti Gühring s.r.o. Fréza je bez vnitřního chlazení a je znázorněna na obr 32. Materiál řezné části je SK.



Obr. 32 – Fréza Gühring RF 100 $\text{Ø}15,6$ a její rozměry [33]

Pro dokončení obvodu je zvolena fréza z SK S71720.0 od společnosti Dormer pramet s r. o. Fréza je bez vnitřního chlazení. Materiál řezné části je monolitní karbid povlakovaný AlCrN. Fréza je na obr. 33 a její parametry jsou v tab. 9.

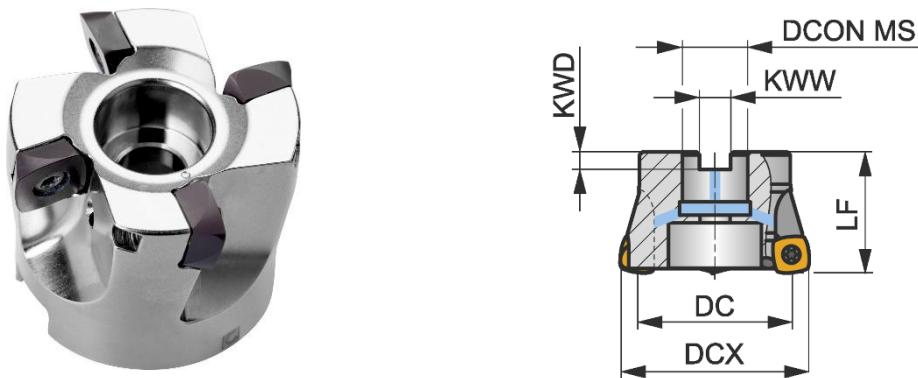


Obr. 33 – Fréza Dormer S71720.0 [34]

Tab. 9 – Parametry frézy Dormer S71720.0 [34]

DC [mm]	OAL [mm]	DCON MS [mm]	APMX [mm]	Hmotnost [g]
20	125	20	57	500

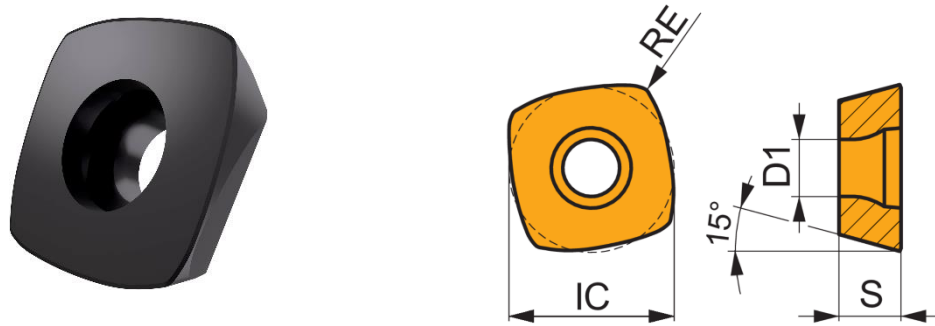
Pro hrubování otvoru Ø358 bude zvolena fréza pro rychlé posuvy s vnitřním chlazením 80A05R-SMOZD12-C, která je na obr. 34 a jejíž parametry jsou uvedeny v tab. 10, ve které budou upnuty VBD ZDEW 120408, které jsou k vidění na obr. 35 a jejichž parametry jsou v tab. 11. Oba komponenty jsou od firmy Dormer Pramet s r. o.



Obr. 34 – Fréza 80A05R-SMOZD12-C [35]

Tab. 10 – Parametry VBD ZDEW 120408 [35]

IC [mm]	RE [mm]	D1 [mm]	L [mm]	S [mm]	Hmotnost [g]
15,875	1,2	6,35	16,1	6,35	20,3



Obr. 35 – VBD ZDEW 120408 [36]

Tab. 11 – Parametry VBD ZDEW 120408 [36]

IC [mm]	RE [mm]	D1 [mm]	S [mm]	Hmotnost [g]
12,7	0,8	4,4	4,76	7,8

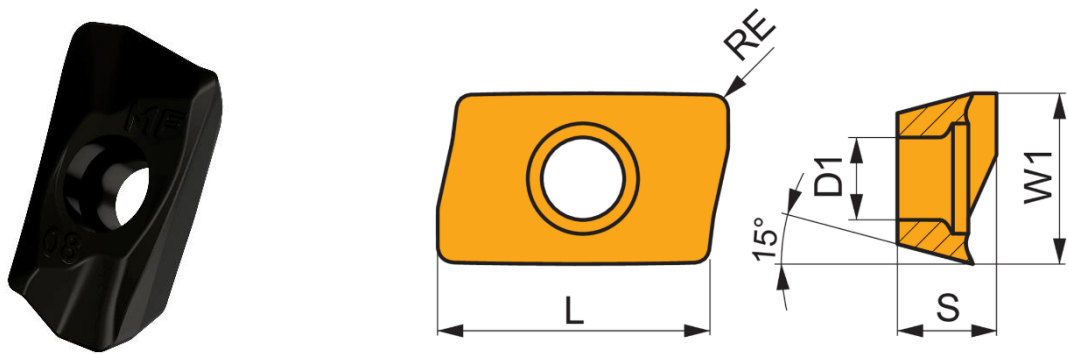
Dokončení díry $\text{Ø}358$ bude provedeno za pomoci rohové frézy s vnitřním chlazením 20A3R029A18-SAD11E-C od firmy Dormer Pramet s r. o. Fréza je na obr. 36 a její parametry v tab. 12. Upnuty v ní budou VBD ADMX 11T304SR-MF také od Dormer Pramet s r. o. VBD je na obr. 37 a její parametry v tab. 13.



Obr. 36 – Fréza Pramet 20A3R029A18-SAD11E-C [37]

Tab. 12 – Parametry VBD ADMX 11T304SR-MF [37]

DC [mm]	LU [mm]	OAL [mm]	DCON MS [mm]	Hmotnost [g]
20	29	200	18	379

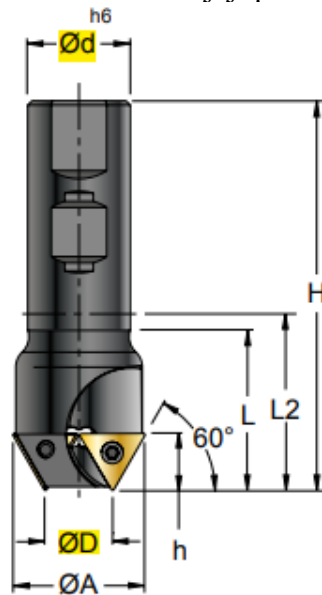


Obr. 37 – VBD ADMX 11T304SR-MF [38]

Tab. 13 – Parametry VBD ADMX 11T304SR-MF [38]

L [mm]	RE [mm]	D1[mm]	W1 [mm]	S [mm]	Hmotnost [g]
11	0,4	2,9	6,53	3,97	3,4

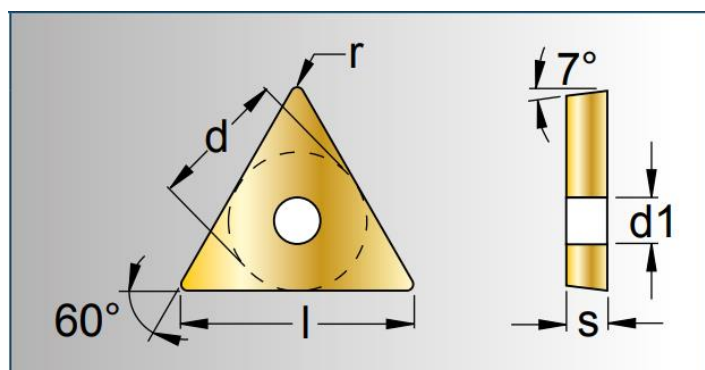
Zkosení 30° bude vyrobeno pomocí frézy na hrany S616.60-17-16 od společnosti SAU S.p.A. Fréza je na obr 38 a její parametry jsou v tab. 14. Ve fréze budou upnuty VBD TCMT 16T304 .S42. VBD je uvedena na obr. 39 a její parametry v tab. 15



Obr. 38 – Fréza SAU S616.60-17-16 [39]

Tab. 14 – Parametry SAU S616.60-17-16 [39]

$\varnothing D$ [mm]	$\varnothing A$ [mm]	L[mm]	L2 [mm]	H [mm]	$\varnothing d$ [mm]
17	32	39	39	95	25

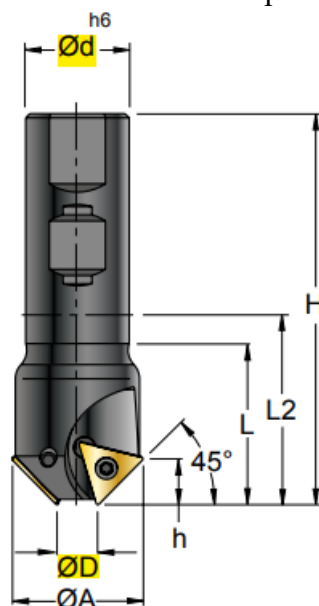


Obr. 39 – VBD TCMT 16T304 .S42. [39]

Tab. 15 – Parametry VBD TCMT 16T304 .S42. [39]

d [mm]	l [mm]	r [mm]	s [mm]	d1[mm]
9,52	16,5	0,4	3,97	4,4

Díry pro závity musí mít náběhovou hranu, pro vedení závitníku. Náběhové hrany bude docíleno za pomoci frézy na hrany S616.45-6,2-11 od společnosti SAU S. p. A. Fréza je na obr. 40 a její parametry jsou v tab. 16. Ve fréze budou upnuty VBD TCMT 16T304 .S42.

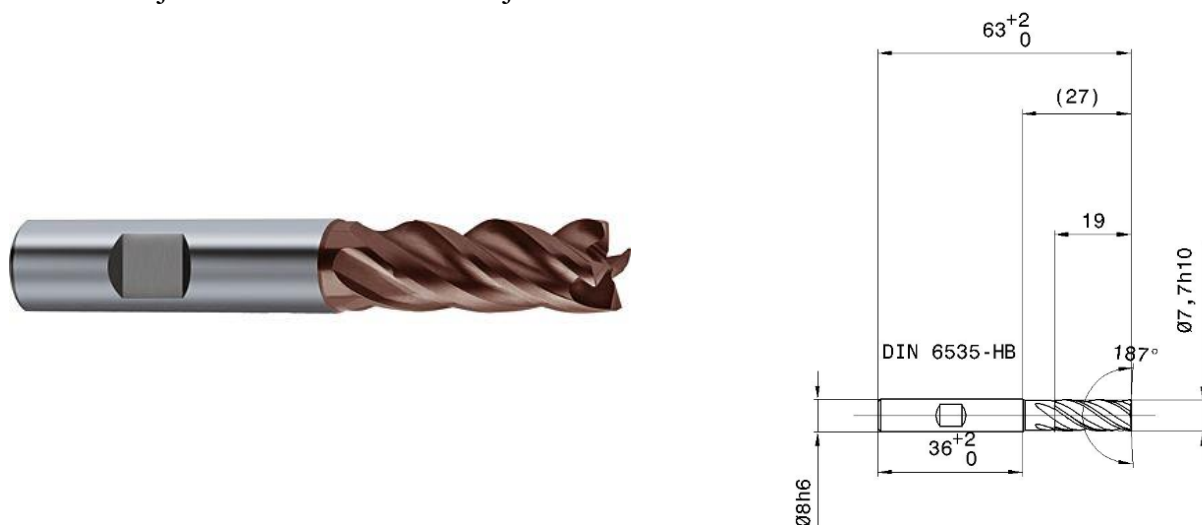


Obr. 40 – Fréza SAU S616.45-6,2-11 [39]

Tab. 16 – Parametry SAU S616.45-6,2-11 [39]

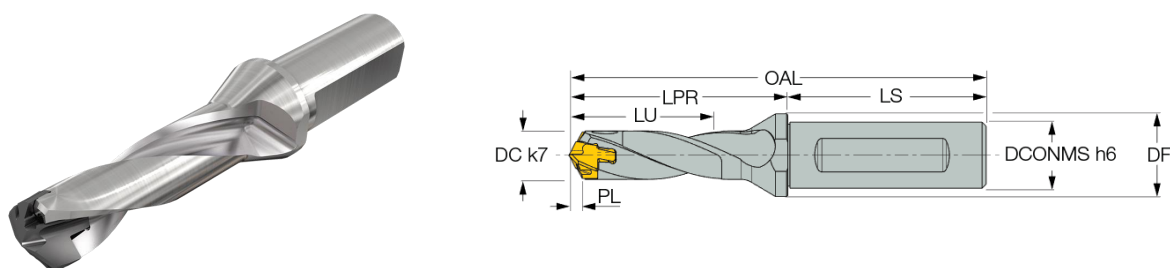
ØD [mm]	ØA [mm]	L[mm]	L2 [mm]	H [mm]	Ød [mm]
6,2	21	27	32	80	16

Pro dokončení díry $\varnothing 16$ H11 bude použita fréza z SK RF 100 o $\varnothing 7,7$ od společnosti Gühring s.r.o. Fréza je bez vnitřního chlazení a je znázorněna na obr 41.



Obr. 41 - Fréza Gühring RF 100 $\varnothing 7,7$ a její rozměry [40]

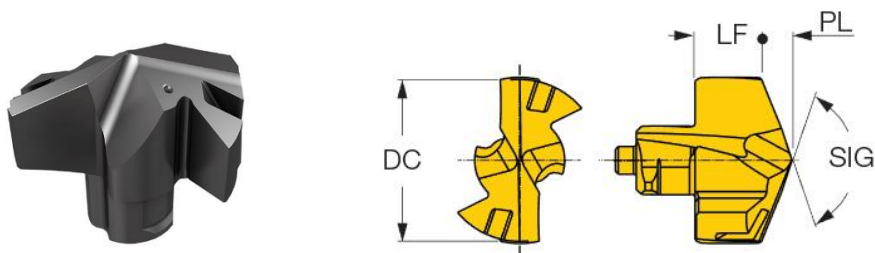
Vrtání děr $\varnothing 16$ bude provedeno vrtákem s vyměnitelnou vrtací hlavicí ISCAR DCN 160-048-20A-3D od společnosti ISCAR ČR s.r. o. Tělo vrtáku je na obr. 42 a jeho parametry jsou uvedeny v tab. 17. Použita bude hlavice ICP 160 IC 908 od stejné společnosti. Vyměnitelná vrtací hlavice je na obr. 43 a její parametry jsou uvedeny v tab. 18.



Obr. 42 – Tělo vrtáku ISCAR DCN 160-048-20A-3D [41]

Tab. 17 – Parametry vrtáku ISCAR DCN 160-048-20A-3D [41]

PL [mm]	LU [mm]	LPR [mm]	DC k7 [mm]	OAL [mm]	DF [mm]
2,42	50,42	73,3	16	123,3	25

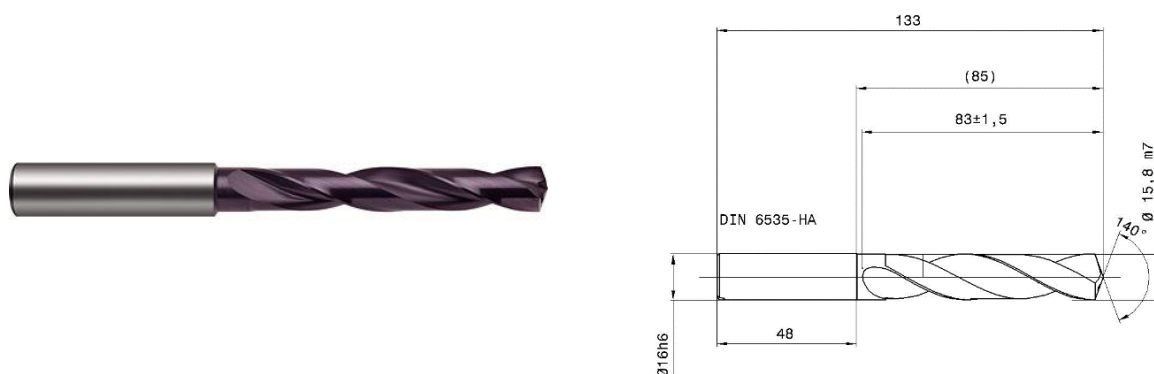


Obr. 43 – Vyměnitelná vrtací hlavice ISCAR ICP 160 IC 908 [42]

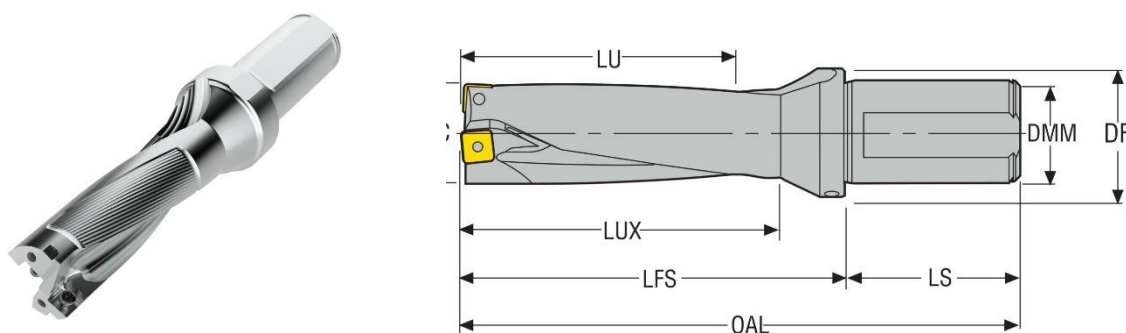
Tab. 18 – Parametry vyměnitelné vrtací hlavice ISCAR ICP 160 IC 908 [42]

DC [mm]	LF [mm]	PL [mm]	SIG [°]	S [mm]
16	6,88	2,42	140	9,3

Díra $\text{Ø}16$ H11 musí být předvrtána pro dokončení. Pro tento účel bude použit vrták Ratio z SK s vnitřním chlazením $\text{Ø}15,8$ od společnosti Gühring s.r.o. Vrták je uveden na obr. 44.


 Obr. 44 -Vrták z SK Gühring Ratio $\text{Ø}15,8$ [43]

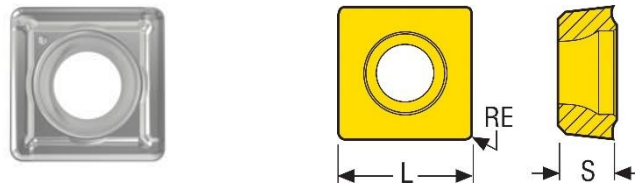
Pro vyhotovení děr $\text{Ø}20$ bude použit vrták s VBD SD523-20-60-25R7, který je znázorněn na obr. 45, a kterého parametry jsou v tab. 19, od společnosti Seco Tools s r. o. Ve vrtáku budou upnuty VBD SCGX060204-MP DS2050, které jsou na obr. 46 a jejich parametry jsou uvedeny v tab. 20. VBD jsou taktěž vyráběny společností Seco Tools s r. o.



Obr. 45 – Vrták Seco SD523-20-60-25R7 [44]

Tab. 19 – Parametry vrtáku SD523-20-60-25R7 [44]

DC [mm]	LU [mm]	LUX [mm]	LFS [mm]	OAL [mm]	DF [mm]
20	60	65	90	146	35

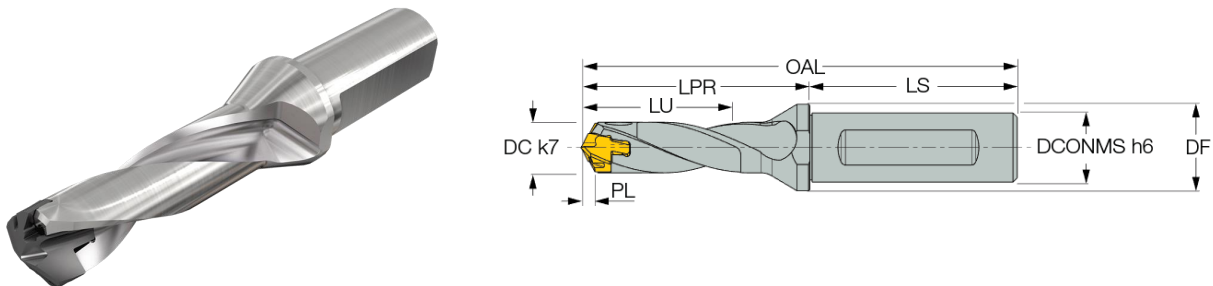


Obr. 46 – VBD SCGX060204-MP DS2050 [45]

Tab. 20 – Parametry VBD SCGX060204-MP DS2050 [45]

L [mm]	RE [mm]	S [mm]	IC [mm]	Hmotnost [g]
6,35	0,4	6,35	6,45	1

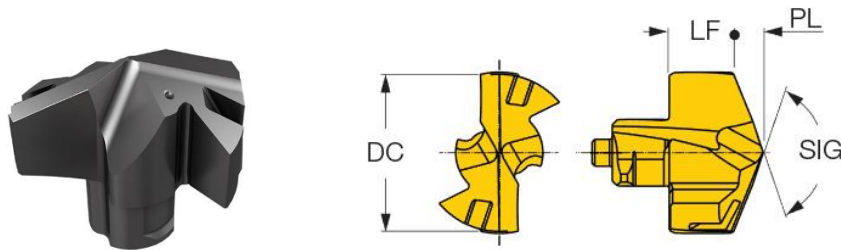
Díry $\text{Ø}26$ budou vyrobeny za pomoci vrtáku s vyměnitelnou vrtací hlavicí DCN 260-078-32A-3D od společnosti ISCAR ČR s r. o. Vrták je na obr. 47 a jeho parametry jsou uvedeny v tab. 21. S vrtákem bude použita vyměnitelná vrtací hlavice ICP 260 IC 908 taktěž od společnosti ISCAR ČR s r. o. Vyměnitelná vrtací hlavice je na obr. 48 a její parametry jsou uvedeny v tab. 22.



Obr. 47 – Vrták s vyměnitelnou vrtací hlavicí ISCAR DCN 260-078-32A-3D [45]

Tab. 21 – Parametry vrtáku s vyměnitelnou vrtací hlavicí ISCAR DCN 260-078-32A-3D [45]

DC [mm]	LF [mm]	PL [mm]	SIG [°]	S [mm]
26	11,12	3,95	140	15,07

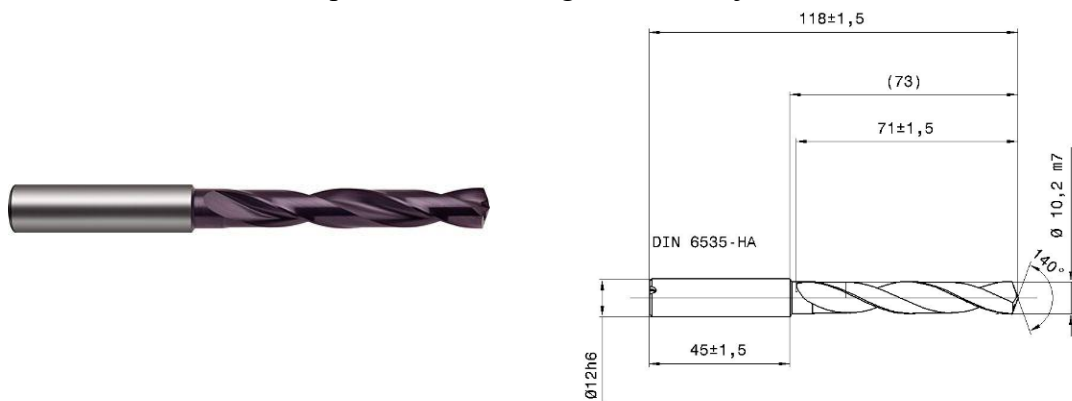


Obr. 48 – Vyměnitelná vrtací hlavice ISCAR ICP 260 IC908 [46]

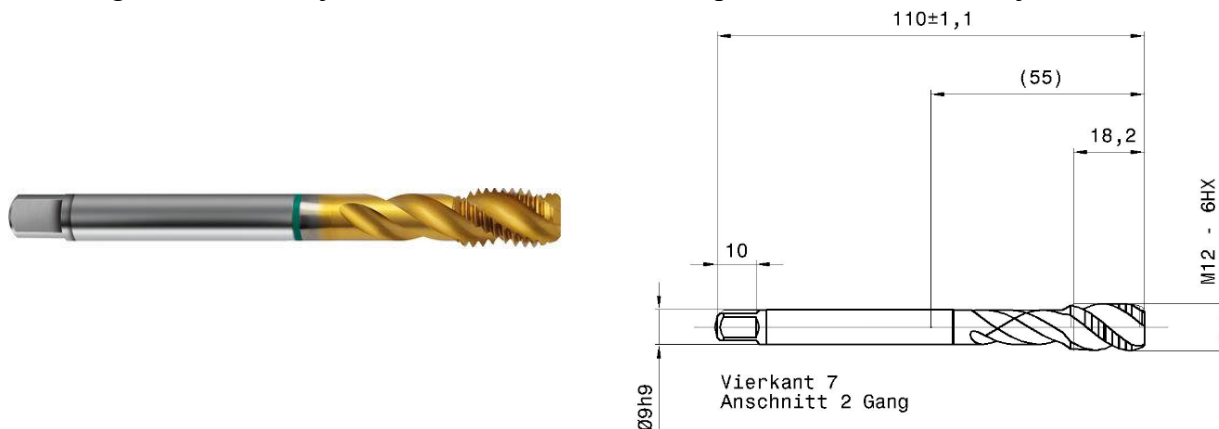
Tab. 22 – Parametry vyměnitelné vrtací hlavice ISCAR ICP 260 IC908 [46]

PL [mm]	LU [mm]	LPR [mm]	DC k7 [mm]	OAL [mm]	DF [mm]
3,95	81,95	119	26	179	42

Díra $\varnothing 10,2$ musí být předvrtána pro závit M12. Pro tento účel bude použit vrták Ratio z SK s vnitřním chlazením $\varnothing 10,2$ od společnosti Gühring s.r.o. Vrták je uveden na obr. 49.


 Obr. 49 - Vrták z SK Gühring Ratio $\varnothing 10,2$ [47]

Nakonec budou závity M12x13/18 zhotoveny pomocí závitníku M12 2441 od společnosti Gühring s.r.o. Závitník je bez vnitřního chlazení a má povrch z TiN. Závitník je na obr. 50.



Obr. 50 – Závitník Gühring M12 2441 [48]

3.5 Volba měřidel

Volba měřidel probíhá s ohledem na vybavení firmy ZAKO Turčín s r. o. Měřidla jsou dále voleny s ohledem na povahu vyráběného dílce, tímto jsou myšleny jeho rozměry, a speciálními požadavky zákazníka. Jelikož firma zavedla politiku jakosti ISO 9001-2009, bude součástí podrobená měření na moderním 3D souřadnicovém přístroji Aberling Zenith taky 1500, viditelný na obr. 51, kde budou kontrolovány jak rozměry součásti, tak i geometrické tolerance. Kompletní parametry stroje jsou uvedeny v příloze 7. Měření závitů bude provedeno závitovým kalibrem M12x1,75 od společnosti KMITEX s r. o. Kalibr je na obr. 52.



Obr. 51 – 3D souřadnicový měřicí přístroj Aberling Zenith Too 155 [6]



Obr. 52 – Závitový kalibr M12 KMITEX [47]

3.6 Výpočet strojního času

Vzorový výpočet pro strojní čas součásti bude proveden pouze pro soustružení, jelikož další operace jsou vzhledem k tvaru součásti složité na vyčíslení bylo by za potřeby CAM softwaru, který mi nebyl v rámci vypracování bakalářské práce poskytnut. Zbylé časy, obsažené v technologickém postupu, byly získány odměřením času výroby kusu ve výrobních podmínkách. Řezné podmínky pro výpočet strojního času byly voleny z intervalu doporučených řezných podmínek uváděných výrobcem. Strojní čas pro čelní soustružení je vypočten následovně:

$$t_{AS\check{c}} = \frac{\pi \cdot [(D_{max} + 2 \cdot l_n)^2 - (D_{min} - 2 \cdot l_p)^2]}{4 \cdot 10^3 \cdot v_c \cdot f} \quad [min] \quad (3.1)$$

kde: D_{max} – konečný průměr díry [mm]
 D_{min} – počáteční průměr díry [mm]
 l_n – délka náběhu [mm]
 l_p – délka přeběhu [mm]
 v_c – řezná rychlost [$m \cdot min^{-1}$]
 f – posuv na otáčku [mm]

$$= \frac{\pi \cdot [(302 + 2 \cdot 2)^2 - (300 - 2 \cdot 2)^2]}{4 \cdot 10^3 \cdot 263 \cdot 0,25} = 0,07 \text{ min}$$

Vzorový výpočet pro podélné soustružení:

$$t_{ASp} = \frac{(l+l_p+l_n) \cdot 2}{n \cdot f} \text{ [min]} \quad (3.2)$$

kde: l – délka dráhy nástroje [mm]

n – otáčky [min^{-1}]

i – počet záběrů [-]

$$= \frac{(301,8+2+2) \cdot 2}{240 \cdot 0,25} = 10,19 \text{ min}$$

Celkový strojní čas poté bude:

$$\begin{aligned} t_{ASs} &= t_{AS\check{c}} + t_{ASp} \text{ [min]} \\ &= 10,19 + 0,07 = 10,26 \text{ min} \end{aligned} \quad (3.3)$$

K tomuto času je nutno přičíst další úkony, jako třeba čas na upnutí dílce, čas na kontrolu a výměnu VBD, čas na odstranění třísky ze sklíčidla atd. Tyto úkony byly v praxi stanoveny na v průměru 1,14 min. Celkový čas pro operaci soustružení na jeden kus byl tedy stanoven na 11,37 min.



3.7 Technologický postup

Vytváření technologického postupu při obrábění je klíčovým procesem, který zajišťuje úspěšnou a efektivní výrobu. Technologický postup je seznam operací, které musí být provedeny, a jejich pořadí, které je nutné dodržet při výrobě konkrétního dílu. Seznam nástrojů pro Mori Seiki SL 403 BMC / 800 je v tab. 24, seznam nástrojů pro Tajmac – ZPS MCFV 1060 je v tab. 25 a seznam měřidel je v tab. 3. Technologický postup je v tab. 26.





Tab. 23 – Seznam měřidel

MĚŘIDLA		Název součásti: Pressplatte		
		Číslo výkresu: ZA430421		
Číslo měřidla	Obrázek měřidla	Název měřidla	Výrobce	Označení výrobce
M1	viz. Obr. 50	3D souřadnicový měřicí přístroj	ABERLING	Zenith taky 1500
M2		Závitový kalibr M12x1,75	KMITEX	90716

Tab. 24 – Seznam nástrojů pro Mori Seiki SL 403BMC / 800

Nástrojový list		Název součásti: Pressplatte		Stroj: Mori Seiki SL 403BMC / 800
		Číslo výkresu: ZA430421		
Číslo nástroje	Obrázek nástroje	Název nástroje	Výrobce	Označení nástroje
		Typ VBD		Označení VBD
T1		Soustružnický nůž vnitřní	ISCAR	S25S PCLNR-12
		CNMG	PRAMET	120412E-NM
T2		Soustružnický nůž vnější	ISCAR	PCLNL 2525M-12
		CNMG	PRAMET	160612E-RM

Tab. 25 – Seznam nástrojů pro Tajmac – ZPS MCFV 1060

Nástrojový list		Název součásti: Pressplatte		Stroj: Tajmac -ZPS MCFV 1060
		Číslo výkresu: ZA430421		
Číslo nástroje	Obrázek nástroje	Název nástroje	Výrobce	Označení nástroje
		Typ VBD		Označení VBD
T3		Stopková fréza	GÜHRING	RF 100 Ø15,6
T4		Stopková fréza	DORMER	S71720.0
T5		Fréza pro rychlé posuvy	DORMER	80A05R-SMOZD12-C
		ZDEW	PRAMET	120408
T6		Fréza rohová	DORMER	20A3R029A18-SAD11E-C
		ADMX	PRAMET	11T304SR-MF
T7	viz. Obr. 38	Fréza na hrany	SAU	S616.60-17-16
		TCMT		16T304 .S42.
T8	viz. Obr. 40	Fréza na hrany	SAU	S616.45-6,2-11
		TCMT		16T304 .S42.
T9		Stopková fréza	GÜHRING	RF 100 Ø7,7
T10		Vrták	ISCAR	DCN 160-048-20A-3D
		ICP		160 IC 908
T11		Vrták	GÜHRING	Ratio Ø15,8 5511
T12		Vrták	SECO	SD523-20-60-25R7
		SCGX		060204-MP DS2050
T13		Vrták	ISCAR	DCN 260-078-32A-3D
		ICP		260 IC 908
T14		Vrták	GÜHRING	Ratio Ø15,8 5511
T15		Závitník	GÜHRING	M12 2441

Tab. 26 – Technologický postup

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			Název součásti: Pressplatte	Číslo výkresu: ZA430421	
Číslo operace	Stroj	Pracoviště	Popis operace:	t [min]	Nástroje a měřidla
0	16119	PÍS	Pískovat	K00	-
10	SL 403BMC / 800 44514	OBR	Seřídít dle programu	60	-
20	SL 403BMC / 800 44514	OBR	Upnout do sklíždla za otvor	11,37	-
			Soustružit ku míře 24		T1
			Pomocně pro přepnutí vyhrubovat otvor do cca. 1/2		T2
			Přepdnout do sklíždla za otvor		-
			Dohrubovat díru		T2
			Soustružit na míru 24		T1
30	09421	MECH	Ojehlít	1,1	-
40	MCFV 1060 45135	OBR	Seřídít dle programu	75	-
50	MCFV 1060 45135	OBR	Stavebnicově upnout na stůl	34	-
			Hrubovat obvod s přídavkem +0,15		T3
			Dokončit obvod		T4
			Hrubovat díru $\varnothing 358$ s přídavkem +0,2		T5
			Dokončit díru $\varnothing 358$		T6
			Vrtat díru $\varnothing 16$ 26x		T10
			Frézovat $\varnothing 358$ pro odstranění otřepů po vrtání $\varnothing 16$		T4
			Vrtat $\varnothing 15,8$ pro $\varnothing 16H11$ 2x		T11
			Dokončit sražení 30° v díře $\varnothing 358$		T7
			Vrtat díru $\varnothing 20$ 2x		T12
			Vrtat díru $\varnothing 26$ 20x		T13
			Vrtat díru $\varnothing 10,2$ pro M12 2x		T14
			Srazit hranu pro M12 2x		T8
			Řezat M12 2x		T15
Dokončit $\varnothing 16H11$ 2x	T9				
60	38747	OTK	Kontrolovat rozměry a tolerance - četnost 100%	-	M1
			Kontrolovat závit - četnost 100%		M2
70	09421	MECH	Ojehlít	8,45	-
			Značit mikroúder dle výkresu a předpisu TSA		

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Pro technicko-ekonomické zhodnocení budou uplatněny firemní podmínky. To znamená, že celková cena zakázky bude stanovena jako součet ceny materiálu a času stráveného výrobou, který je vynásoben hodinovou sazbou daného pracoviště. Hodinová sazba již zahrnuje náklady na nástroje, elektrickou energii a další faktory. Výpočet hodinové sazby je detailněji popsán v kapitole 4.2. V bakalářské práci byla použita pozměněná hodinová sazba, protože si firma nepřála zveřejnit její přesné hodnoty.

4.1 Výpočet ceny materiálu

Vzhledem k povaze výpalku je proces zajištění materiálu odlišný od běžného používání hutního materiálu. Je nezbytné vyhotovit výkres výpalku a následně jej rozeslat mezi potenciální dodavatele materiálu. Z těchto dodavatelů je vybrán nejen nejvýhodnější dodavatel z hlediska ceny, ale také nejspolehlivější dodavatel a dodavatel, který je schopen zajistit příznivý termín dodání. Pro danou výrobní zakázku byl zvolen dodavatel DITREX s r. o., který stanovil cenu materiálu pro celou sérii na 128 120,4 Kč.

4.2 Výpočet hodinové sazby stroje

Největší složku nákladů tvoří mzdy, které jsou určeny mzdovými náklady z účetního deníku, jež byly konkretizovány daty ze mzdových listů, rozříděnými na jednotlivá skupinová pracoviště pracovními listy. Pracovní listy jsou tvořeny jednotlivými zaměstnanci, kteří vykazují operace dle technologického postupu. Jejich mzda je rovněž ovlivňována procentuálním plněním. Do mezd daného střediska / skupinového pracoviště se promítají i mzdy technických pracovníků, kteří sice operace nevykazují, ale pracovní lístek se vytvoří dle doby přihlášené do firemního IS. Pomocí pracovních lístků se stanoví, kolik firmu stála jedna odvedená normohodina sledovaného období.

Obecně se náklady získané v účetním deníku rozpočítávají na jednotlivá skupinová pracoviště dle stanovených ročních kapacit. Do těchto nákladů spadají náklady na režii, odpisy majetku, spotřeba elektrické energie, opravy majetku, službové náklady atd.

Popisovaným způsobem je stanovena interní sazba, která při pronásobenými odvedenými normohodinami tvoří interní výnos střediska, ze který je středisko vyhodnocováno na měsíční bázi. Cenu pro zákazníka však tvoří i správní náklady, jejichž pokrytí je nutné pro ekonomicky zdravou společnost. Mezi správní náklady jsou řazeny náklady na management, náklady spojené s chodem ekonomického a personálního oddělení, náklady na provoz zásobování a technologickou přípravu výroby, stejně tak jako náklady na oddělení kontroly. Tyto náklady jsou mezi jednotlivá skupinová pracoviště rozpuštěna ročními kapacitami. Dále je cena prodiskutována s obchodním oddělením a je stanoveno, zda je hodinová sazba konkurenceschopná. [49] Hodinové sazby pro využitá výrobní pracoviště jsou uvedeny v tab. 27.

Tab. 27 – Hodinové sazby pro využitá výrobní pracoviště

	Hodinová sazba [kč·hod ⁻¹]
Tajmac – ZPS MCFV 1060	1 506
Mori Seiki SL 403BMC / 800	1 458
Mechanická dílna	539

4.3 Celkové náklady a diskuse

Celková cena zakázky je tedy stanovena následovně:

$$C_{celk} = C_{mat} + (120 \cdot t_{ASs} + t_{psoustr}) \cdot S_{soustr} + (120 \cdot t_{ASf} + t_{pfrez}) \cdot S_{frez} + (120 \cdot t_{mech}) \cdot S_{mech} \quad [Kč] \quad (4.1)$$

kde: C_{mat} – cena materiálu [Kč]

$t_{psoustr}$ – doba potřebná pro seřízení soustruhu [hod.]

S_{soustr} – hodinová sazba soustruhu Mori Seiki SL 403 BMC / 800 [kč·hod⁻¹]

t_{ASf} – celkový čas strávený výrobou na stroji Tajmac – ZPS MCFV 1060 [hod.]

t_{pfrez} – doba potřebná pro seřízení vertikálního obráběcího centra [hod.]

S_{frez} – hodinová sazba vertikálního obráběcího centra [kč·hod⁻¹]

t_{mech} – celkový čas nutný pro práci na mechanické dílně [hod.]

S_{mech} – hodinová sazba mechanické dílny [kč·hod⁻¹]

$$= 128\,120,4 + (120 \cdot 0,19 + 1) \cdot 1\,458 + (120 \cdot 0,567 + 1,25) \cdot 1\,506 + (120 \cdot 0,159) \cdot 539 = 277\,455,66 \text{ Kč}$$

Při vyhodnocování celkových nákladů je důležité si uvědomit, že metoda výpočtu pomocí hodinových sazeb strojů není zcela přesná. To je způsobeno tím, že hodinové sazby se zakládají na průměrných trendech nákladů na nástroje z předchozích zakázek a nemusí přesně odpovídat skutečným nákladům na nástroje při aktuální výrobě. Nicméně pro středně velkou firmu, která musí denně odhadovat ceny desítek zakázek, je tato metoda dostatečně přesná a zároveň časově efektivní.

Dále je důležité zohlednit dlouhodobý dopad soustružení Pressplatte na zvolený soustruh při výpočtu celkových nákladů. Během výrobního procesu dochází k přerušovanému řezu na okrajích součásti, což způsobuje zvýšené opotřebení ložisek a narušení geometrie stroje. Diskutovat lze o tom, zda nižší čas potřebný k upevnění součásti a následné výroby vyváží vyšší náklady spojené s údržbou stroje.

Při výrobě polotovarů je důležité zohlednit tloušťku materiálu při řezání laserem. Obecně platí, že laserovým řezáním lze dělit plechy o tloušťce přibližně do 25 mm. Avšak při výrobě konkrétní součásti se jedná o hraniční případ, kdy je rozhodujícím faktorem strojní vybavení dodavatele. Každý stroj může mít určitá omezení a lišit se v přesnosti a schopnosti řezání materiálu o různých tloušťkách v řádu milimetrů. Pokud by tloušťka materiálu přesáhla možnosti laserového řezání, byl by nutný přechod na technologii řezání plazmou. Plazmové řezání je proces, při kterém se materiál rozpouští a odstraňuje pomocí ionizovaného plynu a elektrického oblouku. [19] Tato technologie je obvykle schopna zvládat větší tloušťky materiálu než laserové řezání a je často používána pro hrubé řezání kovů. Je tedy důležité při výběru dodavatele a výrobních postupů zohlednit potřebnou tloušťku materiálu a posoudit, zda je laserové řezání dostačující nebo je nutné přistoupit k technologii řezání plazmou. To závisí na konkrétních požadavcích součásti a dostupnosti odpovídajícího strojního vybavení.

ZÁVĚR

V bakalářské práci pro obrábění dané součásti byl proveden detailní rozbor vlastností výrobku, jako jsou přesné díry, geometrické tolerance a rozměry. Tento rozbor byl klíčový pro správné plánování a provedení operací při výrobě. Dále byl proveden rozbor montážního celku, který obsahuje postupy při výrobě statoru.

Rozbor materiálu a polotovaru byl také součástí procesu. Byly porovnány různé metody výroby polotovaru a z nich byla vybrána nejvhodnější metoda pro danou součást. Po pečlivém zhodnocení bylo rozhodnuto, že nejvhodnější metodou je dělení laserovým paprskem. Tato metoda byla vybrána s ohledem na požadovanou přesnost, efektivitu a kvalitu výsledného polotovaru. Následně byly představeny společnosti ZAKO Turčín s r. o. a Traktionssysteme Austria GmbH.

V rámci bakalářské práce byly představeny různé metody výroby použité pro danou součást. Poté byly zvoleny stroje, které budou využity při výrobě. Pro výrobu součásti byly vybrány stroje Mori Seiki SL 403BMC / 800 a Tajmac – ZPS MCFV 1060. Při výběru strojů byla zohledněna nejen jejich vhodnost pro danou výrobu, ale také jejich hodinová sazba. Dále byly vybrány nástroje a měřidla, které budou použity při výrobě součásti. Při výběru nástrojů byla zohledněna jejich přesnost, vhodnost pro dané operace a kvalita zpracování. Celkově byl proveden pečlivý výběr strojů, nástrojů a měřidel, a technologický postup byl vypracován s cílem dosáhnout efektivní výroby součásti s ohledem na kvalitu a přesnost.

Po výběru vhodných strojů, nástrojů a měřidel byl sestaven detailní technologický postup, který stanovuje pořadí provádění operací a použití konkrétních nástrojů. Z tohoto technologického postupu je zřejmé, že očekávaný čas potřebný k výrobě jedné součásti je 56,05 minut. Tento postup je klíčový pro efektivní výrobu součásti, přičemž dodržuje požadovanou kvalitu a přesnost. Tím je zajištěno, že firma ZAKO Turčín s. r. o. využije své prostředky optimálně a splní požadavky svých zákazníků.

Dále byla provedeno technicko-ekonomické zhodnocení, které vysvětluje, jak jsou spočítány hodinové sazby pro použité stroje a co tyto sazby zahrnují. Cena zakázky byla stanovena na částku 277 455,66 Kč. Technicko-ekonomické zhodnocení zahrnuje zhodnocení nákladů spojených se výrobou součásti. Hodinové sazby pro stroje jsou vypočítány na základě různých faktorů, jako je náklad na pořízení a provoz stroje, předpokládaný čas využití stroje v průběhu výroby, náklady na údržbu a opravy stroje a další proměnné náklady. Cena zakázky byla stanovena na základě technicko-ekonomického zhodnocení, které zahrnovalo náklady na materiál, pracovní sílu, náklady na stroje, nástroje a dalšího příslušenství. Zohledněny byly také fixní náklady a přiměřený zisk pro firmu. Tímto technickoekonomickým zhodnocením je zajištěno, že cena zakázky je v souladu s náklady na výrobu a zohledňuje ekonomickou udržitelnost firmy.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Montáž elektromotoru. *International Railway Journal* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.railjournal.com/financial/voith-consortium-to-acquire-59-stake-in-traktionssysteme-austria/>
 2. Materiálový list oceli S355J2. *Kovintrade* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.kovintrade.cz/s355j2/>
 3. Přehled vlastností oceli S355J2G3. *Bohdan Bolzano* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://bbolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s355j2drive-s355j2g3>
 4. Vlastnosti ušlechtilé konstrukční oceli S355J2+N. *HABA PLANSTAHL* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: https://www.haba-sro.cz/fileadmin/user_upload/Produktblaetter_cza/Stahl_Planstahl_CZ.pdf
 5. Tvrdost ocelových plechů HV-HB-HRC. *SALZGITTER MANNESMANN STAHLHANDEL* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <http://www.salzgitter.cz/index.php?page=39>
 6. Strojní park. *ZAKO Turčín spol. s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://zakoturcin.cz/strojni-park>
 7. Technologie II. *Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: https://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm
 8. Dělení vodním paprskem. *ALFUN a. s.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.alfun.cz/produkty/made-to-measure/rezani-vodnim-paprskem/>
 9. Zápustkové a volné kování. *MEDIN a. s.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.medin.cz/zapustkove-a-volne-kovani>
 10. Water Jet Machining. *Engineering product design* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://engineeringproductdesign.com/knowledge-base/water-jet-machining/>
 11. Dělení materiálu. *KAVALE spol. s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://kavale.cz/vyroba/deleni-materialu/>
 12. Laser Cutting | The Unsung Industrial Revolution. *Radshape Sheet Metal Limited* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.radshape.co.uk/laser-cutting-the-unsung-industrial-revolution/>
 13. HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I. TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ - 1. část*. In: Ústav strojirenské technologie [online]. Brno: ÚST, 2003, s. 138 [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TI_TO-1cast.pdf
 14. O firmě. *ZAKO Turčín spol. s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://zakoturcin.cz/o-firme>
 15. Galerie. *ZAKO Turčín spol. s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://zakoturcin.cz/fotogalerie>
 16. Traktionsmotor. *Traktionssysteme Austria GmbH* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.tsa.at/de/produkte/traktionsmotor/>
 17. Lokomotiven. *Traktionssysteme Austria GmbH* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: https://www.tsa.at/de/tsa_referenzen/tsa-motors-fuer-indian-railways-wag9h-wap7-locomotives/
 18. Straßenfahrzeuge. *Traktionssysteme Austria GmbH* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: https://www.tsa.at/de/tsa_referenzen/20802/
-

-
19. HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 2.*, 2., upr. vyd. Praha: Scientia, 2001. ISBN 80-718-3244-8.
 20. P. GROOVER, Mikell. *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems* [online]. 4th Edition. Bethlehem: JOHN WILEY & SONS, 2010 [cit. 2023-05-24]. ISBN 978-0470-467002. Dostupné z: <https://www.fcusd.org/cms/lib/CA01001934/Centricity/Domain/4529/Fundamentals%20of%20Modern%20Manufacturing%20Materials%20Processes%20and%20Systems%204th%20Edition.pdf>
 21. Řezání závitů na soustruhu závitovými čelistmi, závitníky. *Inovace oboru Mechatronik pro Zlínský kraj Registrační číslo: CZ.1.07/1.1.08/03.0009* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/20496987-Rezani-zavitu-na-soustruhu-zavitovymi-celistmi-zavitniky.html>
 22. Tryska pro mokré tryskání WBM. *Píškovačka* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://obchod.piskovacka.cz/tryska-pro-mokre-piskovani-wbn-6-5--8-0--9-5/>
 23. Normalizační žihání. *IBZ group s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.ibzt.cz/normalizacni-zihani>
 24. Základy metalografie a tepelného zpracování. *Základy metalografie a tepelného zpracování* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2803954/>
 25. Pneumatická stopková mini bruska HAZET 9032M-36. *AKADEA s.r.o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.profiobchod.eu/pneumaticka-stopkova-mini-bruska-hazet-9032m-36-p2782>
 26. Dot pen marking machine e10 - p123. *SIC Marking* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.directindustry.com/prod/sic-marking/product-13933-485529.html>
 27. Katalog ISCAR. *ISCAR ČR s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Item.aspx?cat=3601099&fnum=320&mapp=IS&GFSTYP=M&srch=1&lang=WZ>
 28. Katalog DORMER PRAMET. *DORMER PRAMET s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/6753890>
 29. Katalog ISCAR. *ISCAR ČR s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/item.aspx?cat=3600689&fnum=291&mapp=IS&app=20&GFSTYP=M&isoD=1>
 30. Katalog DORMER PRAMET. *DORMER PRAMET s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/6753902>
 31. Přístroj pro tepelné upínání, Economic Plus NG, 13kW, HAIMER, 242704 001. *HAIMER GmbH* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.bo-import.cz/pristroj-pro-tepelne-upinani-economic-plus-ng-13kw-haimer-242704-001-p50777/#gallery>
 32. Haimer 50.440.16.3 Power Shrink Fit Chuck, 16 mm, Short, Version SK50. *HAIMER GmbH* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/Haimer-50-440-16-3-Power-Shrink-Version/dp/B01274YEKS>
 33. Katalog Gühring. *Gühring s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://webshop.guehring.cz/000009067360156000?page=2>
 34. Katalog DORMER PRAMET. *DORMER PRAMET s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/6706709>
 35. Katalog DORMER PRAMET. *DORMER PRAMET s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/6759670>
-

-
36. Katalog DORMER PRAMET. *DORMER PRAMET s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/6752402>
 37. Katalog DORMER PRAMET. *DORMER PRAMET s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/6800795>
 38. Katalog DORMER PRAMET. *DORMER PRAMET s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/7051432>
 39. Katalog SAU. *SAU S. p. A.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: https://backoffice.sautool.com/website/downloads/00%20-%20Catalogo%20Completo/Inter-GK220_BR.pdf
 40. Katalog Gühring. *Gühring s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://webshop.guehring.cz/000009067360077000>
 41. Katalog ISCAR. *ISCAR ČR s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Item.aspx?cat=3202300&fnum=3112&mapp=DR&GFS TYP=M&srch=1&lang=WZ>
 42. Katalog ISCAR. *ISCAR ČR s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://webshop.iscar.cz/catalogue/product/43035>
 43. Katalog Gühring. *Gühring s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://webshop.guehring.cz/000009055110158000>
 44. Katalog SECO. *Seco Tools s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: https://www.secotools.com/article/p_03080590?productDetailsTab=fullSpecification&pf=true
 45. Katalog SECO. *Seco Tools s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: https://www.secotools.com/article/p_03134313
 46. Katalog Gühring. *Gühring s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://webshop.guehring.cz/000009024410120000>
 47. Katalog Gühring. *Gühring s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://webshop.guehring.cz/000009055110102000?page=11>
 48. Mezní závitový trn M12- 6H. *KMITEX s r. o.* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://kmitex.cz/produkt/mezni-zavitovy-trn-m12-6h/>
 49. Ing. BALAJKOVÁ, Daniela. *Konzultace ohledně výpočtu hodinové sazby.* ZAKO Turčín s r. o., Březnice 363, Zlín, 2023 [cit. 2023-05-22]
-

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symboly

Označení	Legenda	Jednotka
APMX	maximální hloubka řezu	[mm]
B	šířka nože	[mm]
C_{celk}	celková cena zakázky	[Kč]
C_{mat}	cena materiálu	[Kč]
d	průměr kružnice vepsané	[mm]
D1	průměr upevňovacího otvoru	[mm]
d1	průměr upínací díry	[mm]
DC	řezný průměr	[mm]
DC k7	průměr vyměnitelné vrtací hlavice	[mm]
DCON MS	průměr připojení	[mm]
DF	průměr příruby	[mm]
D_{MAX}	konečný průměr díry	[mm]
D_{min}	minimální průměr díry	[mm]
D_{MIN}	počáteční průměr díry	[mm]
f	posuv na otáčku	[mm]
H	výška nože	[mm]
HF	funkční výška	[mm]
HFB	výška upínací části	[mm]
IC	průměr vepsané kružnice	[mm]
i	počet záběrů	[mm]
L	délka řezné hrany	[mm]
l	délka vyměnitelné břitové destičky	[mm]
L2	délka řezné části	[mm]
LDRED	délka redukováného průměru tělesa	[mm]
LF_c	celková délka nože	[mm]
LFS	sekundární využitelná délka	[mm]
LH	délka nože	[mm]
l_n	délka náběhu	[mm]
l_p	délka přeběhu	[mm]
LPR	maximální využitelná délka	[mm]
LU	použitelná délka	[mm]
LU	délka šroubovice	[mm]
LUX	maximální využitelná délka	[mm]
Ø	průměr	[mm]
ØA	průměr nástroje	[mm]
OAL	celková délka	[mm]
ØD	průměr nástroje po začátek vyměnitelné břitové destičky	[mm]
Ød	průměr upínací části	[mm]
PL	výška vyměnitelné vrtací hlavice	[mm]
r	poloměr zaoblení	[mm]
Ra	průměrná aritmetická odchylka profilu drsnosti	[µm]
RE	rádus rohu	[mm]
S	tloušťka	[mm]
S_{frez}	hodinová sazba vertikálního obráběcího centra MCFV 1060	[kč·hod ⁻¹]
SIG	úhel špičky vyměnitelné vrtací hlavice	[°]
S_{mech}	hodinová sazba mechanické dílny	[kč·hod ⁻¹]

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbole

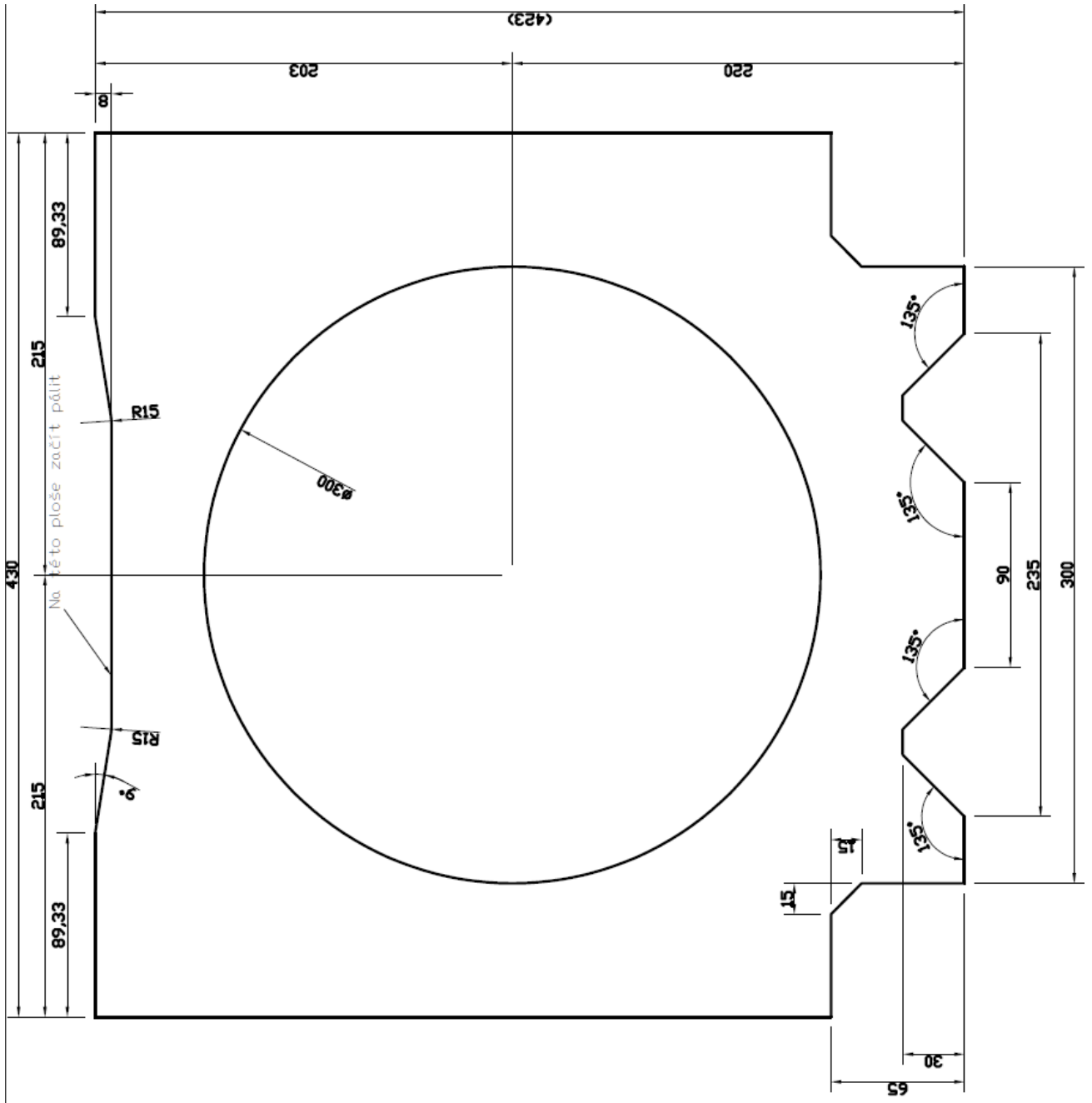
Označení	Legenda	Jednotka
S_{soustr}	hodinová sazba soustruhu SL 403 BMC / 800	[kč·hod ⁻¹]
$t_{\text{ASč}}$	strojní čas pro čelní soustružení	[min]
t_{ASf}	celkový čas strávený výrobou na stroji MCFV 1060	[hod]
t_{ASp}	strojní čas pro podélné soustružení	[min]
t_{ASs}	celkový strojní čas pro soustružení	[min]
t_{mech}	celkový čas nutný pro práci na mechanické dílně	[hod]
$t_{\text{Přez}}$	doba potřebná pro seřízení vertikálního obráběcího centra	[hod]
t_{Psoustr}	doba potřebná pro seřízení soustruhu	[hod]
v_c	řezná rychlost	[m·min ⁻¹]
W1	šířka vyměnitelné břitové destičky	[mm]
WF	funkční šířka	[mm]

Zkratky

Označení	Legenda
3D	trojrozměrné
a.s.	akciová společnost
AlCrN	povlak z hliníku, chromu a dusíku
CAM	computer aided manufacturing
CNC	Computer Numeric Control
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Kč	koruna česká
KOO	kooperace
MECH	mechanická dílna
MT-CVD	karbonitrid titanu
OBR	středisko obrábění
OTK	odbor technické kontroly
PÍS	pískování
s r. o.	společnost s ručením omezeným
SK	slinutý karbid
TiN	nitrid titanu
VBD	vyměnitelná břitová destička
WC-Co	karbid wolframu a kobaltu

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres součásti ZA430421
 - Příloha 2 Výkres výpalku pro ZA430421
 - Příloha 3 Parametry stroje Mori Seiki SL 403BMC / 800
 - Příloha 4 Ukázka NC programu pro stroj Mori Seiki SL 403BMC / 800
 - Příloha 5 Parametry stroje Tajmac – ZPS MCFV 1060
 - Příloha 6 Ukázka NC programu pro stroj Tajmac – ZPS MCFV 1060§
 - Příloha 7 Parametry 3D souřadnicového měřicího stroje Aberling Zenith taky 1500
-



Specifikace stroje

Položka		SL-403B/800	SL-403C/800	SL-403BMC/800	SL-403CMC/800
Kapacita	Přehledná se přes povrch	710 (28,0) <zásah do předního krytu>			
	Přehledná se přes přílohu nástroje	738 (29,1)			
	Mezi středě	1 125 (44,3)	1 106 (43,5)	1 125 (44,3)	1 106 (43,5)
	Max. průměr otáčení	620 (24,4)		650 (25,5)	
	Standardní průměr otáčení	368 (14,4) [456 (17,9) <10staničová věž věže>]		374 (14,7) [461 (18,1) <10staničová věž věže>]	
	Max. délka otáčení	958 (37,7)	868 (34,1)	863 (33,9)	773 (30,4)
Centrovat	Osa X	345 (13,6) <310 (12,2)+35 (1,4) (pojezd v mínus směru od středu vřeten)>		345 (13,6) <325 (12,8)+20 (0,8) (pojezd v mínus směru od středu vřeten)>	
	Ž-osa	995 (39,2)		900 (35,4)	
Vřeten	Max. otáčky vřeten	2 400 [1 900]	1 500	2 400 [1 900]	1 500
	Počet rozsahů otáček vřeten	2			
	Typ nosu vřeten	JIS A2-11	JIS A2-15	JIS A2-11	JIS A2-15
	Průměr průchozího otvoru vřeten	130 (5,1)	185 (7,3)	130 (5,1)	185 (7,3)
	Min. úhel indexování vřeten	0,001° <mezirovní vstupní přírůstky>			
VĚŽKA	Vnitřní průměr ložiska vřeten	180 (7,1)	260 (10,2)	180 (7,1)	260 (10,2)
	Počet nástrojových stanic	12 [10]		12 [10] <rotační nástroje: 12 [10]>	
	Výška stopky pro čtyřhranný nástroj	32 (1 ,4)			
	Průměr stopky pro vyvrtávací tyč	Max. 60 (2 ,4)			
Rychlost posuvu	Čas indexování věže	0,4			
	Max. otáčky vřeten rotačního nástroje	-		3000	
	Rychlost posuvu	X: 20 000 (787,4) Z: 24 000 (944,9)		X: 20 000 (787,4) Z: 24 000 (944,9) C: 56 min ⁻¹	
Koník	Rychlost posuvu	X, Z: 0-5 000 (0-197,0) <20 kroků>			
	Centrování konikem	850 (33,5) [800 (31,5) <vestavěný střed>]			
	Průměr vřeten koníka	110 (4,3) <živé centrum MTS> [110 (4,3) <vestavěný střed MT4>] [150 (5,9) <vestavěný střed MTS>]			
	Kuželový otvor vřeten koníku	MTS <živé centrum> [MT4 <vestavěný střed>] [MT5 <vestavěný střed>]			
Motor	Pojezd vřeten koníka	150 (5,9)			
	Motor pohonu vřeten <30 min/kont>	30/22 (40/30) [37/30 (50/40)]			
	Motor posuvu <osa X/Z>	7,0/4,5 (9,3/6)		6,0/4,5 (8/6)	
	Motor pohonu vřeten rotačního nástroje <30 min/kont>	-		9/7,5 (12/10)	
Zdroje energie	Motor Depada chladicí kapaliny	0,52 (0,69)			
	Elektrické napájení <pokračování>	42,8 [51,5 <vysoký výkon>]		51,6 [60,9 <vysoký výkon>]	
	Přívod stlačeného vzduchu <standard> MPa (psi), L/min (gpm)	0,5 (72,5), 600 (158,4) <ANR>	0,5 (72,5), 300 (79,2) <ANR>	0,5 (72,5), 600 (158,4) <ANR>	0,5 (72,5), 300 (79,2) <ANR>
Kapacita nádrže	Kapacita nádrže chladicí kapaliny	234 (61,8)			
	Výška stroje <od podlahy>	2 455 (96,7)			
	Podlahová plocha <šířka×hloubka>	3,789×2,338 (149,2×92,0)	4,149×2 898 (163,3×114,1) <hloubka zahrnuje chladicí olej>	4,049×2,338 (159,4×92,0)	4,409×2 898 (173,6×114,1) <hloubka zahrnuje chladicí olej>
Velikost stroje	Hmotnost stroje	11 000 (24 200)		12 000 (26 400)	
	Údaje o hluku	A-vážená, časově průměrná hladina vyzářovaného akustického tlaku db 70-78 (nejistota měření je 4 dB)			

[] Možnost JIS: Japonský průmyslový standard

- Max. otáčky vřeten: v závislosti na omezených způsobech upínacím zařízením obrobku, upínacím zařízením a použitým nástrojem nemusí být možné otáčet při maximální rychlosti vřeten.
- ANR: ANR odkazuje na standardní atmosférický stav; tedy teplota 20°C (68 °F), absolutní tlak při 101,3 kPa (14,7 psi) a relativní vlhkost při 65 %.
- Zdroje napájení, velikost stroje: skutečné hodnoty se mohou lišit od hodnot uvedených v katalogu v závislosti na volitelných funkcích a periferním vybavení.
- Přívod stlačeného vzduchu: ujistěte se, že dodáváte čistý stlačený vzduch <tlak vzduchu: 0,7 MPa (101,5 psi), tlakový rosný bod: 10°C (50 °F) nebo nižší>.
- Kritérium kapacity pro výběr kompresoru je 90 l/min (23,8 gpm) na 0,75 kW (1 HP). Tento údaj se však může lišit v závislosti na typu kompresorů a připojených doplňcích. Podrobnosti najdete ve specifikacích kompresoru.
- Při pravidelném používání foukání špičkou nástroje je samostatně vyžadován přívod vzduchu více než 300 l/min (79,2 gpm).
- Údaje o hluku: Hodnoty byly naměřeny na přední části SL-403B/800s maximálními otáčkami vřeten 2 400 min⁻¹. Podrobnosti vám sdělí váš obchodní zástupce.
- Informace v tomto katalogu jsou platné od ledna 2012.

G99
G50S680M41

N10
(VNITRNI NUZ)
M69
G99G18M46
G54
G0T0404
G96S240M4
G00X295.0Z5.0M8
Z1.0
G01Z0.0F0.25
X597.6Z0.07
Z1.0
G00X306.331Z0.897
G01X302.0Z-1.269
Z-13.5
X300.0
G00Z1.0
G00G53X0.0Z0.0M9
M5
M01
M0
(OTOC KUS G55)

N20
(VNEJSI NUZ)
M69
G99G18M46
G55
G0T0404
G96S240M4
G00X295.0Z5.0M8
Z1.0
G01Z0.0F0.25
X597.6Z0.07
Z1.0
G00X306.331Z0.897
G01X302.0Z-1.269
Z-13.8
X300.0
G00Z1.0
G00G53X0.0Z0.0M9
M5
M01
M30



TECHNICKÁ DATA

Pojezdy

Osa X (pracovní stůl)	016 mm
Osa Y (klířový suport)	610 mm
Osa Z (vřeteník)	760 mm
Vzdálenost čela vřetena od stolu	150 – 910 mm
Maximální pracovní posuv	15 m/min
Rychloposuv	40 m/min
Zrychlení	5 m/s ²

Stůl

Pracovní plocha	270 x 590 mm
Počet T-drážek x šířka x rozteč	5 x 18 mm x 125 mm
Maximální zatížení	350 kg

Vertikální obráběcí centrum **MCFV 1060** pokrývá celou škálu technologií od silového po vysokorychlostní obrábění. Stroj je tvořen dvěma stacionárními odlišky – základnou a na ní upevněným stojanem. Všechny pohyby stroje jsou realizovány prostřednictvím lineárního vedení s valivými elementy. Jejich dimenze a umístění dovoluje vysoké zatížení stolu, suportu a vřeteníku při zachování vysoké přesnosti rozměrů a kvality obrobku i při přerušovaném řezu a také vysokou životnost stroje. Široké uplatnění stroje vyzní k použití bohatého příslušenství.

Vřetení

Upínací kužel	ISO 40 (HSK 80)	ISO 50	ISO 40	ISO 40	HSK-A 63
Maximální otáčky	10 000 min ⁻¹	8 000 min ⁻¹	12 000 min ⁻¹	8 000 min ⁻¹	15 000 min ⁻¹
Výkon trvalý/přetížení S6 – 40 %	20/28 kW	20/30 kW	17/25 kW	17/25 kW	25/31 kW
Max. krout. mom./přetížení S6 – 40 %	244/342 Nm	306/458 Nm	96/141 Nm	143/210 Nm	159/197 Nm

Zásobník nástrojů

Počet míst v zásobníku	30
Čas výměny nástroje	3,5 s
Maximální průměr nástroje:	
– plně obsazený zásobník	80 mm
– bez sousedních nástrojů	160 mm
Maximální délka nástroje	300 mm
Maximální hmotnost nástroje	6,5 kg
Maximální hmotnost celková	160 kg

Přívody energie

Provozní příkon – dle motoru	35
Jmenovité napětí sítě	3 x 400 V/50 Hz
Stlačený vzduch	0,6 – 0,8 MPa

Doplnkové údaje

Půdorys stroje bez dopravníku	2 750 x 2 120 mm
Maximální pracovní výška stroje	3 150 mm
Hmotnost stroje	7 700 kg

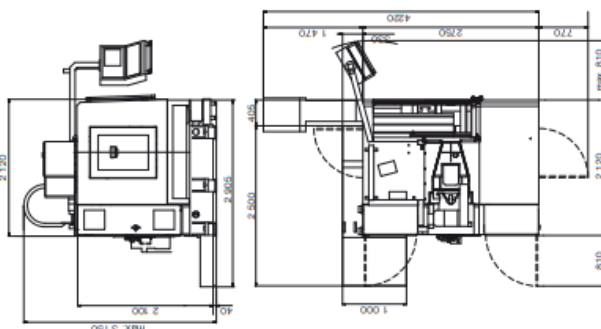
Řídicí systém

SINUMERIK®, HEIDENHAIN, FANUC®

Popis vybavení a číselné údaje nemusí vždy souhlasit s posobním provedením stroje.

Výrobce:
Tajmac ZPS, s. r. o.
Thřida 3, května 1180
764 87 Zlín, Maletovice
ČESKÁ REPUBLIKA
Tel: +420 577 533 622
Fax: +420 577 533 626
www.tajmaczps.cz
e-mail: info@tajmac-zps.cz

Holding:
Tajmac-MTH s.p.a.
Via Gran Sasso 15
20092 Canisello Balsamo (PV)
ITALY
Tel: +39 03 66017838
Fax: +39 03 66014637
www.tajmacmth.it
e-mail: tajmac@tajmac-mth.it



STANDARDNÍ PROVEDENÍ

- Digitální pohony SIEMENS
- Lineární optoelektrická pravítka
- Zásobník nástrojů s výměnnou rukou
- Centrální mazací systém
- Automatické ofukování držáku nástroje
- Chladič agregát se systémem chlazení nástroje
- Oplachování teleskopických krytů
- Elektronická kompenzace

VOLITELNÉ VYBAVENÍ*

- Chlazení nástroje osou vřetena kapalinou
- Chlazení nástroje osou vřetena vzduchem
- Agregát pro chlazení osou vřetena s filtrační stanicí
- Vysokotáčková vřetenová jednotka 50 000 ot/min
- SK50 – zásobník s kapacitou 24 nástrojů
- Upínací kužel – CAT 40, BT 40, CAT 50, BT 50, ISO 50, HSK 63, HSK 80
- Otočný stůl – 4. a 5. řízená osa
- Sonda pro kontrolu rozměru obrobku
- Sonda pro kontrolu nástroje
- Ruční výměník palet, rozměr palety 760 x 460 mm
- Aut. výměník palet, rozměr palety 1250 x 590 mm
- Dopravník třísek
- Kazety na třísky
- Oplachování pracovního prostoru – horní
- Chlazení nástroje olejovou mlhou a emulzního aerosolu z pracovního prostoru
- Odstrňovací odlučovač olejové mlhy a emulzního aerosolu
- Sběrač oleje z chladičů kapalin
- 2 zásobníky nástrojů

Ukázka NC programu pro stroj Tajmac – ZPS MCFV 1060

```
124 * - FREZA D20.00 SK_TROCHOIDNI_DORMER
125 TOOL CALL 7 Z S1900 DL+0 DR+0
126 M52
127 TOOL DEF 15
128 CYCL DEF 247 NASTAVIT REF. BOD ~
    Q339=+1 ;CISLO VZTAZNEHO BODU
129 ;
130 ; DOKONCI ZADNI STRANU
131 L X-228 Y+211 FMAX M3
132 L Z+100 FMAX M8
133 L Z-24 FMAX
134 L Z-25 F2500
135 L Y+201 RL F900
136 L X-145
137 L X-77.103 Y+190.246
138 CC X-73.975 Y+210
139 C X-73.975 Y+190 DR+
140 L X+73.975
141 CC X+73.975 Y+210
142 C X+77.103 Y+190.246 DR+
143 L X+145 Y+201
144 L X+228
145 L Y+211 R0
146 L Z+622 FMAX
147 L Y+611 R0 FMAX M92
148 M52
```

Specifikace	Zenith taky 1000	Zenith taky 1500	Zenith taky 2000	Zenith taky 2500	Zenith taky 3000
Typ	CNC	CNC	CNC	CNC	CNC
Měření objemu	1000 x 1000 x 600/800	1000 x 1500 x 600/800	1000 x 2000 x 600/800	1000 x 2500 x 600/800	1000 x 3000 x 600/800
Stůl	masivní žula	masivní žula	masivní žula	masivní žula	masivní žula
Přesnost	B89: 0,008/300 mm VDI(U3): 0,0038 + L/250	B89: 0,008/300 mm VDI(U3): 0,0038 + L/250	B89: 0,008/300 mm VDI(U3): 0,0038 + L/250	B89: 0,008/300 mm VDI(U3): 0,0038 + L/250	B89: 0,008/300 mm VDI(U3): 0,0038 + L/250
Měřicí systém	Čtecí hlavy Renishaw a páskové měřítka	Čtecí hlavy Renishaw a páskové měřítka	Čtecí hlavy Renishaw a páskové měřítka	Čtecí hlavy Renishaw a páskové měřítka	Čtecí hlavy Renishaw a páskové měřítka
Rozlišení	0,0005 mm	0,0005 mm	0,0005 mm	0,0005 mm	0,0005 mm
Systém sondy	Kompletní výběr sond a hlavic sond Renishaw	Kompletní výběr sond a hlavic sond Renishaw	Kompletní výběr sond a hlavic sond Renishaw	Kompletní výběr sond a hlavic sond Renishaw	Kompletní výběr sond a hlavic sond Renishaw
Max. Vektor rychlosti	500 mm/sec	500 mm/sec	500 mm/sec	500 mm/sec	500 mm/sec
Max. Vektor zrychlení	1000 mm/sz	1000 mm/sz	1000 mm/sz	1000 mm/sz	1000 mm/sz
Ložiska	Vzduchové ložiska na všech osách	Vzduchové ložiska na všech osách	Vzduchové ložiska na všech osách	Vzduchové ložiska na všech osách	Vzduchové ložiska na všech osách
Osa Z	Pneumaticky vyvážené	Pneumaticky vyvážené	Pneumaticky vyvážené	Pneumaticky vyvážené	Pneumaticky vyvážené
Max. Váha vyvážení	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg
Spotřeba vzduchu	23 l/min (0,8 cfm) při 4 barech	23 l/min (0,8 cfm) při 4 barech	23 l/min (0,8 cfm) při 4 barech	23 l/min (0,8 cfm) při 4 barech	23 l/min (0,8 cfm) při 4 barech
Požadovaný tlak vzduchu	4 bary (60 psi)	4 bary (60 psi)	4 bary (60 psi)	4 bary (60 psi)	4 bary (60 psi)
Software	Plně grafické rozhraní běžící na Windows	Plně grafické rozhraní běžící na Windows	Plně grafické rozhraní běžící na Windows	Plně grafické rozhraní běžící na Windows	Plně grafické rozhraní běžící na Windows