



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH VÝROBNÍ TECHNOLOGIE TĚLESA KULIČKOVÉ MATICE

PRODUCTION TECHNOLOGY FOR BALL NUT BODY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Anton Sevryugin

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. Anton Sevryugin
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce:	Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.
Akademický rok:	2018/19

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

Návrh výrobní technologie tělesa kuličkové matice

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Teoretický rozbor problematiky. Návrh výrobní technologie zvolené součásti. Srovnání se stávajícím stavem případně variantní technologií. Technické a ekonomické zhodnocení a doporučení do budoucna.

Student navrhne komplexní technologii včetně strojního a materiálového vybavení.

Cíle diplomové práce:

- Analýza problematiky.
- Varianty řešení.
- Návrh technologie výroby.
- Srovnání se stávajícím stavem výroby, či porovnání variant.
- Volba nejvhodnějšího způsobu řešení.
- Zhodnocení dosažených výsledků a doporučení.

Seznam doporučené literatury:

ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o, 2003. 193 s. ISBN 80-2147-2336-6.

CHLADIL, Josef. Teorie obrábění. 3. přeprac. vyd. Brno: VUT, 1989. 193 s. ISBN 65-137-2224-0.

ŠTULPA, Miroslav. CNC obráběcí stroje. Praha: BEN, 2006. 128 s. ISBN 80-7300-207-8.

MARINESCU, Ioan D. Handbook of machining with grinding wheels. Boca Raton, Fla.: CRC/Taylor, 2007. 596 p. ISBN 978-157-4446-715.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce obsahuje návrhy výrobních technologií rozpracovaných na základě výkresu součástky kuličkové matice. Obsahem práce je zjištění účelu součásti ve strojní jednotce, provedení analýzy podobných výrobních procesů, provedení analýzy výkresu součásti, návrh výrobních technologií včetně strojního a materiálového vybavení.

V práci jsou formulovány a vyřešeny potřebné technologické úlohy, například výpočet řezných podmínek, strojních časů a nákladů. Navržené výrobní technologie jsou porovnány a závěrem práce je shrnutí dosažených výsledků, jejich hodnocení, výběr vhodné výrobní technologie a návrh doporučení.

Klíčová slova

kuličková matice, výrobní technologie, obrábění, strojírenství, stroje, nástroje

ABSTRACT

This thesis presents proposals of production technologies based on the drawing of a ball nut. The content of the thesis is finding out the purpose of the part in the machine unit, analyzing similar production processes, detail drawing analysis, developing manufacturing technologies, including machine and material equipment.

In this thesis all the necessary technological problems are formulated and solved, such as calculation of cutting conditions, machine time and costs. The proposed production technologies are compared and in conclusion of the thesis is a brief summary of achieved results, their evaluation and selection of the appropriate production technology and some recommendations are given.

Key words

ball nut, production technology, machining, mechanical engineering, machines, tools

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SEVRYUGIN, Anton. *Návrh výrobní technologie tělesa kuličkové matice*. Brno 2019. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 77 s. 8 příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh výrobní technologie tělesa kuličkové matice** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

21.05.2019

Datum

Bc. Anton Sevryugin

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Oskaru Zemčíkovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, za cenné rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat paní Ing. Petře Sliwkové, Ph.D. za seznámení s problematikou tvorby práce.

Dále mé poděkování patří mé rodině za podporu po celou dobu studia. Zvláštní poděkování patří mé manželce, která mi pomáhala překonat obtíže studia a za silnou psychickou podporu.

OBSAH

ABSTRAKT	3
PROHLÁŠENÍ.....	4
PODĚKOVÁNÍ	5
OBSAH.....	6
ÚVOD.....	8
1 TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY	9
1.1 Popis konstrukce a funkce součásti „Kuličková matice“.....	9
1.2 Varianty návratu kuliček.....	9
1.3 Výhody a nevýhody KŠM	10
1.4 Varianty profilu závitu a základní geometrické parametry KŠM.....	10
1.5 Způsoby předepnutí a nastavení axiálních vůlí.....	12
1.6 Varianty konstrukce matic KŠM	13
1.7 Technologie výroby kuličkových matic	15
1.7.1 Soustružení kuličkových matic	16
1.7.2 Frézování kuličkových matic.....	17
1.7.3 Tepelné zpracování kuličkových matic	17
1.7.5 Dokončování kuličkových matic	17
2 TECHNOLOGICKÁ ČÁST	20
2.1 Analýza výkresu součásti.....	20
2.2 Návrh polotovaru	21
2.2.1 Tyč válcovaná za tepla ČSN 42 5510	22
2.2.2 Zápustkový výkovek ČSN 42 9030	23
2.2.3 Náklady na polotovar	25
2.2.4 Výběr polotovaru	25
2.3 Stanovení pořadí a počtu operací.....	26
2.4 Volba obráběcích strojů	26
2.4.1 Obráběcí stroje pro kusovou výrobu.....	27
2.4.2 Obráběcí stroje pro sériovou výrobu	32
2.4.3 Přístroje a nářadí	34
2.5 Volba nástrojů.....	37
2.5.1 Volba měřicích nástrojů.....	48
3 NÁVRH VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO KUSOVOU VÝROBU.....	52
4 NÁVRH VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO SÉRIOVOU VÝROBU	55
5 VYPOČET ŘEZNÝCH PODMÍNEK	59

5.1 Soustružení.....	59
5.2 Frézování	59
5.3 Vrtání	60
5.4 Broušení	60
5.5 Strojní čas	62
6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSOUZENÍ.....	63
6.1 Náklady na strojní práce	63
6.2 Náklady na nástroje	65
6.3 Náklady na polotovar.....	67
6.4 Náklady na vedlejší práce	67
6.5 Celkové výrobní náklady	67
6.6 Fixní náklady	68
6.7 Celkové náklady	69
6.8 Určení kritického množství.....	69
7 ZÁVĚR	71
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	72
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	75
SEZNAM PŘÍLOH.....	77

ÚVOD

V tržní ekonomice je velmi důležitá konkurenceschopnost produktů a efektivita výroby. Hlavní roli zde hraje výrobní technologie, která zohledňuje všechny metody zpracování surovin pro získání maximálního množství a kvality výrobků za minimální cenu (při minimálních nákladech). Technologie jako věda o metodách zpracování surovin ve výrobek vznikla v souvislosti s rozvojem průmyslové výroby výrobků ve velkém množství. Výrobní technologie je v současné době samostatnou vědou s nahromaděním teoretického a experimentálního materiálu. Výrobní je technologie spojena s použitím základních principů fyziky, chemie, mechaniky, ekonomiky, organizace a plánování výroby, a taky s použitím vynálezů a předních celosvětových zkušeností.

Diplomová práce v sobě zahrnuje řešení nezbytná pro výrobní technologii následujících problémů a dosažení několika cílů:

- zlepšení účinnosti obrábění je velmi důležitým cílem moderního strojírenství, řešení tohoto problému, v současné době může být dosaženo výběrem správného polotovaru a nejúčinnějšího návrhu výrobní technologie zjištěného porovnáním několika variant,
- velmi důležité z hlediska zajištění kvality povrchové vrstvy je problém vyberu metody dokončování kritických ploch součástí, které určují provozní vlastnosti výrobků,
- výpočet optimálních řezných podmínek postupně při všech operacích zpracování součástí může výrazně snížit výrobní náklady,
- vypočet výrobních nákladů je nezbytná věc pro vyhodnocení celé navržené technologie.

Na základě výše uvedeného můžeme konstatovat, že téma diplomové práce je relevantní a bude takovým v budoucnu.

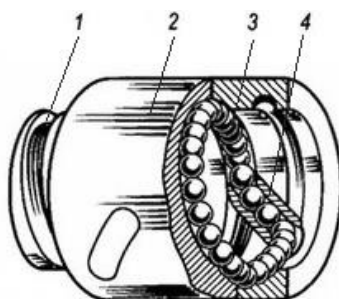
1 TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY

Součástí kuličková matice, vybraná pro rozpracování výrobní technologie, je součástí kuličkového šroubového mechanismu, dále KŠM.

Mechanismus KŠM slouží k proměně rotačního pohybu šroubu nebo matice na posuvný pohyb pracovní části obráběcího stroje. Technická úroveň KŠM závisí na fyzikálních a mechanických vlastnostech materiálu, z něhož jsou vyrobeny součásti a na kvalitě jejich výroby. Zároveň s tím kvalita výroby je zajištěna výběrem určitých ocelí a také stanovením určitých metod a režimů mechanického a tepelného zpracování. V rámci této diplomové práce bude analyzována jedna ze základních součástí mechanismu KŠM, jmenující se kuličková matice [1].

1.1 Popis konstrukce a funkce součásti „Kuličková matice“

Kuličková matice je částí KŠM, který se skládá z kuličkového šroubu, kuličkové matice, kuliček a vratného kanálu (viz obr. 1.1) [1].



Obr. 1.1 Kuličková matice a šroub [1]: 1 – kuličkový šroub, 2 – kuličková matice, 3 – kuličky, 4 – vratný kanál.

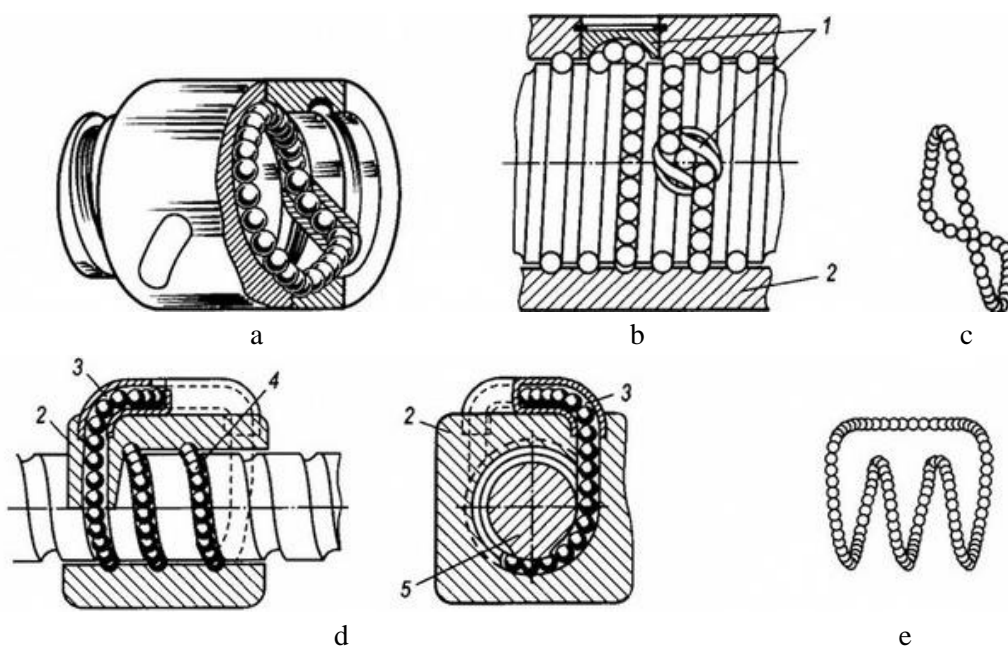
Princip provozu: šroub (viz obr. 1.1 1) je otáčen hnacím motorem, matice (viz obr. 1.1 2) je připevněna na pracovním tělese stroje (suport, saně, vřeteník, lunety). V tomto případě působí axiální síla na kuličky (viz obr. 1.1 3), umístěné uvnitř matice, pod působením axiální síly kuličky se začínají otáčet v uzavřených šroubových drážkách. Reakční síla působí na matici, a protože je pevně spojena s pohyblivou částí stroji, nutí ji k pohybu. Kuličky přes vratný kanál (viz obr. 1.1 4) se vrátí do původní polohy [1, 2].

1.2 Varianty návratu kuliček

Důležitým prvkem KŠM je systém oběhu kuliček, který velmi ovlivňuje plynulost a spolehlivost převodu. V převodech určených pro malé pohyby pracovního orgánu stroje, není třeba používat systém oběhu kuliček: v nich se používá tak dlouhá matice, aby během provozu kuličky neměli možnost vyjít z ní. Je známo velké množství konstrukčních řešení pro systémy oběhu kuliček.

Kuličkové matice bývají vybavené vnitřním převodem kuliček ve vratném kanálu, který se nazývá lůžko (viz obr. 1.2 a), lůžko realizuje převod kuliček v jednom stoupání závitu šroubu (viz obr. 1.2 c). V matici mohou být více vratných kanálů, jejich počet závisí na počtu nosných závitů (viz obr. 1.2 b).

Existují matice vybavené vnějším převodem kuliček (viz obr. 1.2 d) ve vratném kanálu, který se nazývá převáděcí příložka. Převáděcí příložka realizuje převod kuliček v několika stoupáních závitu šroubu (viz obr. 1.2 e) [3].



Obr. 1.2 Varianty návratu kuliček (a, b, d) a odpovídající trajektorie pohybu (c, e) [1]:
 a, b – pomocí vložky v tělese matice; c – jeden pracovní závit; d – pomocí trubice; e – tři pracovní závity; 1 – převaděcí lůžky; 2 – matice; 3 – vratný kanál (trubka); 4 – kuličky; 5 – kuličkový šroub.

1.3 Výhody a nevýhody KŠM

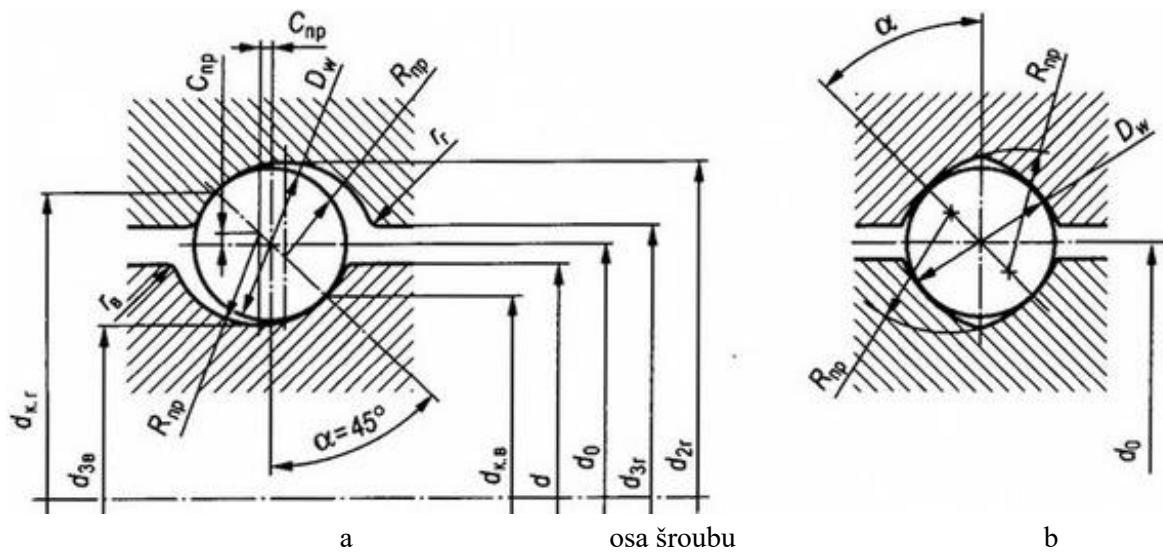
Hlavní výhody převodu s KŠM jsou [1, 2]:

- možnost vytváření velkých axiálních sil,
- malé ztráty na tření (účinnost přenosu 0,9 a vyšší),
- možnost získání pohybu s vysokou přesností,
- malé rozměry s vysokou nosností,
- významná životnost.

Nevýhody zahrnují složitost konstrukce matice, potřebu vysoké výrobní přesnosti a dobré chránění proti hrubým nečistotám [1, 2].

1.4 Varianty profilu závitu a základní geometrické parametry KŠM

Profil závitu, ve kterém se pohybují kuličky, se obvykle vyrábí ve dvou provedeních (viz obr. 1.3) [1].



Obr. 1.3 Profil závitů v rovině kolmé k úhlu stoupání [1]: a – kruhový; b – gotický.

Hlavní geometrické parametry KŠM s kruhovým profilem závitů (viz obr. 1.3) [1]:

- jmenovitý průměr – d_0
- rozteč závitů – P ,
- kontaktní úhel – α ($\alpha = 45^\circ$),
- počet chodů závitů – Z (obvykle $Z = 1$),
- průměr kuličky – D_w ,
- vnitřní průměr šroubového závitů – $d_{3B} = d_0 - 1,012 \cdot D_w$,
- vnější průměr šroubového závitů – $d = d_0 - 0,35 \cdot D_w$,
- poloměr profilu závitů $R_{np} = (1,03 \dots 1,05) \cdot R_w$,
- posunutí středu poloměru profilu $C_{np} = (R_{np} - R_w) \cdot \sin \alpha$,
- průměr válení podél profilu šroubu $d_{k,B} = d_0 - D_w \cdot \cos \alpha$,
- průměr válení podél profilu matice $d_{k,r} = d_0 + D_w \cdot \cos \alpha$,
- vnější průměr závitů matice $d_{2r} = d_0 + 2R_{np} - 2C_{np}$,
- průměr vnitřního závitů matice $d_{3r} = d_0 + 0,5 (d_0 - d)$,
- poloměr zaoblení šroubu $r_B = 0,2 \cdot R_w$,
- poloměr zaoblení matice $r_r = 0,15 \cdot R_w$.

Drážky s polokruhovým profilem závitů (viz obr. 1.3 a) v rovině kolmé k úhlu stoupání jsou výrobně jednodušší, ale mají horší účinnost. Je zde větší zatížení kuliček (pouze dva body styku) a tím dochází k rychlejšímu opotřebení [1, 2].

Drážky s gotickým profilem závitů (viz obr. 1.3 b) jsou tvořené dvěma kruhovými plochami a vzniká zde "čtyřbodový" styk šroubu s maticí. Je zde více stykových ploch, tím pádem menší zatížení a deformace kuličky. Gotický profil závitů umožňuje snížit axiální

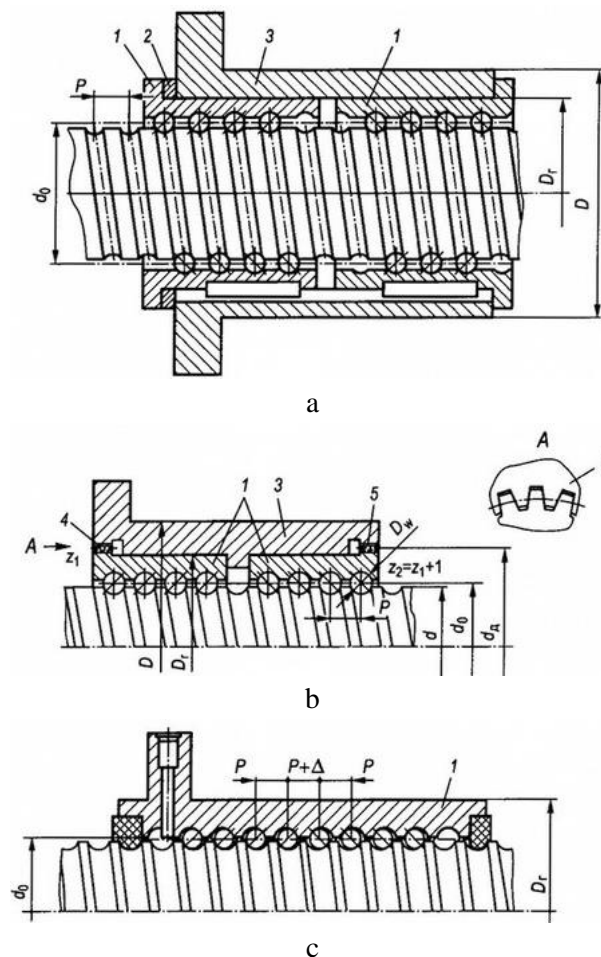
vůli převodu a zjednodušit geometrii vratného kanálu. Takové převody obsahují jednu matici a jejich předpětí se provádí výběrem průměru kuliček. Nevýhodou takového provedení je to, že k vyrovnání opotřebení je nutné vyměnit kuličky s kuličkami většího průměru. To vyžaduje více sad kuliček, které se liší o jeden mikrometr. V poslední době se používá převody s dvoubodovým gotickým profilem závitu a s polokruhovým profilem závitu, kde se předepnutí provádí pomocí přiblížení dvou matic, způsoby předepnutí matic budou uvedeny dále v kapitole 1.5 [1, 2].

Nejběžnějším profilem závitu šroubu a matice je polokruhový profil závitu s kontaktním úhlem $\alpha = 45^\circ$. Tento profil umožňuje výrobu šroubů a matic s menší hloubkou závitu, což zvyšuje technologičnost konstrukce [1, 2, 3].

1.5 Způsoby předepnutí a nastavení axiálních vůlí

Předepnutí mezi kuličkovým šroubem a maticí zajišťují vysokou tuhost i vymezení axiální vůle. Vytvářením předepnutí se nejprve vymezuje vůle mezi závitem matice i šroubu a kuličkou, poté se zavádí pružná deformace mezi částí KŠM [4].

Vytváření předepnutí v KŠM provádí následujícími způsoby (viz obr. 1.4) [1].



Obr. 1.4 Metody nastavení axiální vůle a předepnutí KŠM [1]: a – pomocí vložek, b – pomocí vzájemného otáčení matice kolem osy šroubu, c – změnou stoupaní závitu v matici na hodnotu Δ , 1 – matice, 2 – vložka, 3 – těleso, 4, 5 – ozubení s počtem zubu z_1 a z_2 ; d_π – průměr roztečné kružnice.

Způsoby vytváření předepnutí pomoci změny vzájemného uspořádání matic můžeme rozdělit do následujících metod [1, 2, 4]:

- změna polohy matic v axiálním směru při konstantním vzájemném úhlovém uspořádání,
- změna vzájemného úhlového uspořádání,
- pomoci diferencí mezi jednotlivými chody závitu.

Při použití prvního způsobu (viz obr. 1.4 a) se předepnutí nastaví pomoci speciální vložky, nebo pomoci pružiny, která je uzavřená mezi maticemi, nebo vložením broušeného kroužku, který určuje vzájemné posunutí matic do opačných směrů. Nevýhodami tohoto způsobu je nutnost přizpůsobení vložek nebo distančního kroužku během montáže a nízká tuhost převodu s pružinou [1, 2, 4].

Další způsob je vytváření předepnutí pružnou deformací kontaktních pracovních součástí uspořádáním v úhlovém směru, při takovém uspořádání maticí jsou vystrojené ozubením, které spojeno s ozubením v tělese (viz obr. 1.4 b) přičemž matice mají různý počet zubů z_1 a z_2 [2].

V případě vytváření předepnutí změnou stoupaní závitu v matici na hodnotu Δ (viz obr. 1.4 c). předepnutí je stanoveno výrobou závitu v matici. Vymezení vůle a následně předepnutí u jednochodého je stanoveno nabroušením difference, u vícechodého závitu nabroušením diferencí mezi jednotlivými chody závitu [2, 4].

Volba metody předepnutí závisí především na požadavcích na nosnost, tuhost, životnost převodu a na potřebných rozměrech. Samotné předepnutí je nejčastěji prováděno maticemi z čehož vyplývá fakt ze matice je základním prvkem konstrukce KŠM. V současné době konstrukce matic získali velmi širokou variabilitu [2, 3, 4].

1.6 Varianty konstrukce matic KŠM

Kuličková matice se skládá ze samotného tělesa, ve kterém se vytváří cirkulace a přenos kuliček, vymezení vůle a předepnutí. Dále je kuličková matice ošetřena mazacím prostředkem (oleje nebo tuk) a posledním prvkem je obvykle plastová zátka, která zabraňuje vniknutí nečistot do systému kuliček [3].

V současné době varianty tvarů a konstrukce matic mají velkou variabilitu. Ale závisí především na dvou základních faktorech, jsou to systém návratu kuliček a způsob předepnutí (viz tab. 1.1) [2, 3, 5].

Tab. 1.1 Varianty konstrukce matic KŠM [5].



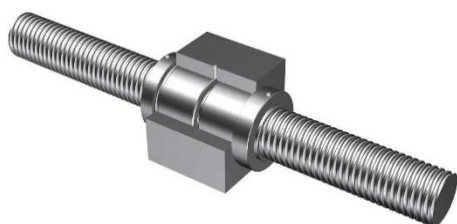
Nepředepnutá matice bez příruby.



Předepnutá dvojice matic bez příruby.



Nepředepnutá matice s přírubou.



Předepnutá dvojice matic v kostce.



Předepnutá dvojice matic s přírubou.



Dvouchodá předepnutá rychloběžná s přírubou.



Poháněná matice s vloženými ložisky.

1.7 Technologie výroby kuličkových matic

Posloupnost provádění operací technologického procesu závisí především na typu výroby. Typový sled operací pro kusovou, malosériovou, velkosériovou a hromadnou výrobu (viz tab. 1.2).

Tab. 1.2 Typový sled operací výroby kuličkových matic [2, 6].

Kusová a malosériová výroba. Tradiční výrobní technologie.	Velkosériová a hromadná výroba. Progresivní výrobní technologie.
Výběr polotovaru, nejčastěji se používá přířezy z tyče válcované za tepla dle ČSN 42 5510. Dělení tyče, úprava polotovaru.	Výběr polotovaru, nejčastěji se používá výkovky dle ČSN 42 9030. Úprava polotovaru podle potřeby.
Soustružení na hrotových nebo revolverových soustružích: Hrubování Polohrubování Soustružení na čisto Vnitřní soustružení (vyvrtávání) Soustružení závitu s přídavkem na broušení	Soustružení na CNC revolverových soustružnických poloautomatech nebo na více vřetenových automatech a poloautomatech: Hrubování Polohrubování Soustružení na čisto Vnitřní soustružení (vyvrtávání)
Frézování na konzolových frézkách (svislých, vodorovných, univerzálních). Frézování ploch a otvorů pod vložky. Vrtání na souřadnicových vrtačkách (stolních, sloupových, stojanových, otočných): Vrtání otvorů pro mazání a otvorů ve přírubě.	Frézování na CNC automatech a poloautomatech: Frézování ploch, otvorů pod vložky a závitu s přídavkem na dokončení Frézování otvorů pro mazání a otvorů ve přírubě.
Kontrola	Kontrola
Tepelné zpracování (cementace, kalení)	Tepelné zpracování (cementace, kalení)
Dokončování na hrotových univerzálních bruskách, bruskách na díry, bezhrotých bruskách: Broušení válcových ploch, děr, kuličkových závitů.	Dokončování na CNC automatech a poloautomatech: Soustružení povrchu matic a kuličkových závitů Nebo dokončování kuličkových závitů válcováním.
Kontrola	Kontrola

Tradiční výrobní technologie.

Základním materiálem pro výrobu matic je ocel 14 109 nebo 14 209. Funkčnost kuličkového šroubu určuje především kvalita provedení valivých drah komponentů převodu. Z tohoto důvodu tyto prvky jsou kaleny na tvrdost 60 – 2 HRC a následně broušeny s pro zajištění určitého bodového styku kuliček v profilu závitu. Tradiční způsob obrábění se skládá z vyhrubování s přídavkem na ploše závitu, pak zakalení a následné broušení profilu závitu. Tento tradiční způsob souvisí s tím, že v dřív neexistovaly nástroje pro obrábění v zakaleném stavu [6].

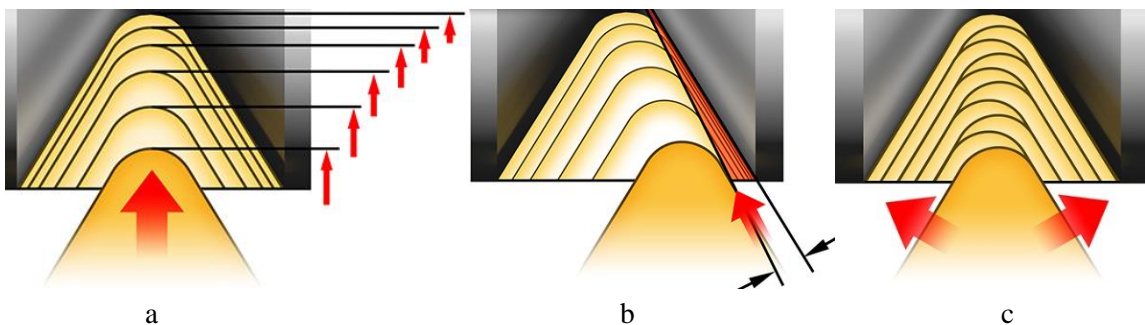
Progresivní výrobní technologie je profilu závitu a ostatních rotačních ploch v zakaleném stavu výhody této metody budou popsány dal [6].

1.7.1 Soustružení kuličkových matic

Soustružení matic se provádí ve třech stupních a dělí se na hrubování, polohrubování a dokončování. Hrubování se používá k maximalizaci odebrání přídavků. Polohrubování se používá jako přípravná operace pro dokončování. Dokončovací operace se provádí na maticích pro přípravu základny pro následné frézování otvorů pod vložky [2, 6].

Jako nástroj pro soustružení se používá nože s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu.

Obrábění závitu se provádí na soustruzích různými způsoby (viz obr. 1.5) [7]:



Obr. 1.5 Způsoby soustružení závitu [7]: a – radiální přísuv, b – boční přísuv s odklonem, c – střídavý přísuv.

Radiální přísuv (viz obr. 1.5 a) se používá nejčastěji. Při tomto způsobu dochází k rovnoměrnému odběru materiálu na obou bocích profilu závitu. Výhodami tohoto způsobu jsou dobrá tvorba třísky a rovnoměrné opotřebení břitu nástroje. Zejména se používá pro materiály, které tvoří krátkou třísku (např. oceli s nízkým obsahem uhlíku) [8].

Boční přísuv s odklonem (viz obr. 1.5 b) snižuje tepelné zatížení špičky nástroje (a tím i opotřebení), tvořená tříska je dobře tvarována a odváděna z místa řezu. Používá se pro řezání závitů s větším stoupáním a trapézové závity [8].

Střídavý přísuv (viz obr. 1.5 c) se používá pro soustružení závitů s velkým stoupáním a pro materiály, které tvoří dlouhou, špatně utvářenou třísku. Výhodou je rovnoměrné rozdělení úběru materiálu na pravý a levý břit nástroje, nevýhodou jsou vyšší nároky na programování obráběcího stroje [8].

Při obrábění závitů matic KŠM na volbu způsobu soustružení má vliv především profil a stoupání závitu, materiál polotovaru a možnosti obráběcího stroje. Soustružení závitu kuličkových matic je specifická operace, je komplikovanější než soustružení obyčejných závitů z následujících důvodů [2, 6]:

- složitější profil závitu který komplikuje práci řezného nástroje,
- mnohem větší odstraněný objem materiálu,
- vyšší požadovaná přesnost.

Při soustružení závitu kuličkových matic pro následné dokončování nechávají následující přídavky podél profilu 0,1-0,15 mm a podél vnějšího průměru 0,4-0,5 mm [2].

1.7.2 Frézování kuličkových matic

Frézování se nejčastěji používá k výrobě drážek, otvorů pro vložky a ve velkosériové výrobě i pro výrobu závitů. Tvar otvorů v matici určuje tvar a konstrukce vložky. Otvor je nejčastěji vytvořen ve formě jedné nebo dvou válcových děr nebo průchozí drážky [2].

Pro vytváření drážek a otvorů ve formě drážky se používá stopkové frézy. Frézování probíhá na jeden nebo více záběrů. Použití stopkových fréz je vhodné pro menší drážky, pro uzavřené drážky a pro frézování drážek pro pero. Tento nástroj umožňuje obrábět uzavřené přímé, zakřivené nebo úhlové drážky, které jsou širší než průměr nástroje. Pro zvýšení přesnosti a produktivity lze provádět operace frézování nástrojem s menším průměrem než potřebná sirka drážky, což zmenší řezné síly a tendenci nástroje k průhybu [2, 9].

1.7.3 Tepelné zpracování kuličkových matic

V závislosti na vybraném materiálu se provádí tepelné nebo chemicko-tepelné zpracování matic. Tepelné zpracování nejčastěji používaných pro výrobu kuličkových matic ocelí 14 109 a 19 426 se dělí na žihání, kalení a popouštění [10, 11].

Účelem žihání je snížení tvrdosti, zlepšení obrobitelnosti a odstranění zbytkových pnutí. Výsledkem kalení je vytvoření struktury martenzitu s tvrdostí 58-63 HRC [10, 11].

Tepelné zpracování a dosažitelné tvrdosti oceli 14 109 (viz tab. 1.3, 1.4).

Tab. 1.3 Teploty pro tepelné zpracování oceli 14 109 [10].

kování 750 až 1 100 °C	kalení do vody 790 až 820 °C
normalizační žihání 860 až 890 °C	kalení do oleje 820 až 850 °C
žihání na měkko 720 až 760 °C	popouštění 150 až 250 °C

Tab. 1.4 Tvrdost HRC při teplotě popouštění oceli ČSN 14 109 [10].

Teplota [°C]		150	175	200	250
Doba popouštění [hod]	2	63,0	62,0	60,2	58,0
	4	62,5	61,0	59,1	57,0

Tepelné zpracování a dosažitelné tvrdosti oceli 19 426 (viz tab. 1.5, 1.6).

Tab. 1.5 Teploty pro tepelné zpracování oceli 19 426 [11].

kování 800 až 1 180 °C	-
normalizační žihání 880 až 920 °C	kalení do oleje 840 až 860 °C
žihání na měkko 790 až 810 °C	popouštění 170 až 300 °C

Tab. 1.6 Tvrdost HRC při teplotě popouštění oceli ČSN 19 426 [11].

Teplota [°C]		170	200	250	300
Doba popouštění [hod]	2	64,0	63,0	61,0	59,0
	4	63,5	62,5	59,5	58,0

1.7.5 Dokončování kuličkových matic

Dokončování matic v kusové a malosériové výrobě se provádí broušením vnitřních a vnějších válcových ploch, čel a závitů. Dokončování vnitřních válcových ploch se nejčastěji provádí metodou axiálního broušení, vnějších válcových ploch axiálním, hloubkovým nebo radiálním broušením. Čela se brousí metodou čelního broušení [2, 6].

Při broušení dlouhých rotačních součástek válcového nebo kuželového tvaru se používá převážně broušení vnějších válcových ploch s podélným posuvem. Obrobek se koná posuvový pohyb rovnoběžný se svou osou. Úběr obráběného materiálu je zajištěn radiálním posuvem kotouče nebo obrobku o hodnotu pracovního záběru na každý zdvih nebo dvojjdvh stolu [12].

V případech, kdy je délka obrobku větší, než je šířka broušícího kotouče, používá se způsob axiálního broušení vnitřních válcových ploch. Uvnitř broušené díry s frekvencí požadované řezné rychlosti se otáčí kotouč a posouvá se ve směru její osy axiální rychlostí. Obrobek se otáčí s obvodovou rychlostí, která je mu udělána frekvencí otáčení. Vzájemným posunutím součásti a broušícího kotouče o hodnotu radiálního záběru je zajištěno odbroušení přídavku [12].

Při malých přídavcích na dokončení se používá hloubkový způsob broušení vnějších válcových ploch. Tato metoda patří k nejproduktivnějším metodám broušení do kulata. Při tomto způsobu kotouč se nastavuje na konečný požadovaný rozměr a obrousí celý přídavek na jeden podélný zdvih stolu při malém axiálním posuvu [12].

Radiální nebo zapichovací broušení se používá při obrábění tuhých obrobků, přičemž šířka brusného kotouče musí být větší než obráběna délka. Při hrubém broušení radiální posuv stolu nebo kotouče na jednu otáčku obrobku se rovná 0,0025 až 0,0075 mm, při broušení na čisto 0,001 až 0,005 mm. Při současném broušení více ploch lze použít i šikmý posuv broušícího kotouče [12].

Vnější a vnitřní závity se brousí obdobně, ale je potřeba používat kotouče malých průměrů. Jednoprofilovými kotouči se brousí jen nej přesnější závity na měřidlech od průměru 25 mm. Zapichovacího způsobu broušení hřebenovým kotoučem se používá na jemné závity délky do 20 mm. Ostatní vnitřní závity jsou broušeny podélným způsobem. Při broušení vnitřního závitu je potřeba vyklonit broušící trn k uhlu stoupaní čím se omezuje délka do které kotouč může vniknout směrem dovnitř aby broušící trn nekolidoval s vnitřním průměrem. Při zvolení delšího trnu s menším průměrem mohou vzniknout vibrace které budou mít vliv na přesnost a kvalitu povrchu. Pořízení vhodného trnu nese znační finanční náklady. [8, 13].

Ve velkosériové a hromadné výrobě se používá moderní způsoby obrábění a dokončování se provádí soustružením v zakaleném stavu [2, 6].

Obrábění profilu závitu a ostatních rotačních ploch v zakaleném stavu je progresivní výrobní technologie. Při tomto způsobu existuje řada výhod [6, 13]:

- potřebné investice pouze do jednoho stroje, který zvládne všechny potřebné operace s vysokou přesností, což vede k úspoře nákladů,
- doba vedlejších času je výrazně menší, což vede k úspoře času,
- obrábění na jedno upnutí vede ke zlepšení přesnosti, zejména při obrábění ploch, které se vzájemně souvisí.
- obrábění se provádí bez použití maziva, tříska shoří nebo tvoří charakteristické „tenké ostré vlasy“, což je výhodou z ekologického hlediska.

Soustružení oceli s tvrdostí 55–65 HRC je ekonomickou alternativou broušení. Soustružení závitu a ostatních rotačních ploch v zakaleném stavu zvyšují flexibilitu

vyroby, zkracuje doby strojních a vedlejších časů a umožňují dosáhnout vyšší kvality. Materiálem pro soustružení kalené oceli jsou slitiny na bázi kubického nitridu boru (CBN).

Pro kvalitní soustružení kalené oceli musejí být vyřešeny následující úlohy:

- vysoká stabilita stroje,
- spolehlivé upevnění obrobku,
- použití nejmenší možné hloubky řezu,
- návrh vhodných řezných podmínek.

Společnost Hemburg Machine Tools uvádí následující rozdíly mezi soustružením a broušením kalené oceli viz tab. 1.7

Tab. 1.7 Soustružení a broušení kalené oceli.

	Soustružení	Broušení
Rychlost odběru materiálu	150 – 1500 mm ³ .min ⁻¹	10 – 60 mm ³ .min ⁻¹
Tuhost možného nástroje	50,3 N.μm ⁻¹	0,1 – 8 N.μm ⁻¹
Drsnost Ra	0,2 – 0,5 μm	0,1 – 0,8 μm
Drsnost Rz	1,5 – 4 μm	1 – 3 μm
Třída přesnosti	IT 4 – 5	IT 3 – 5
Flexibilita	velká	malá
Přesnost profilu	geometricky přesný profil, přesnost je v rozsahu μm	systematické geometrické chyby v závislosti na profilování a nastavení kotouče, vysoké náklady na nastavení
Povrch	vyšší celková drsnost	možné stopy nebo sledy od spalování
Proces řezání	stabilní	tendence trhat

2 TECHNOLOGICKÁ ČÁST

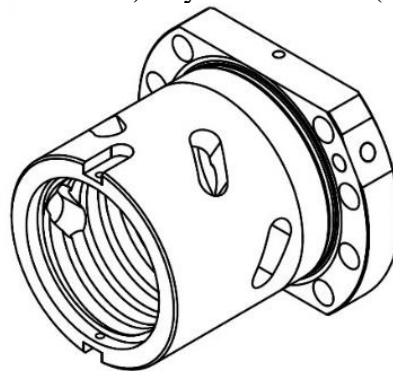
Pro návrh kvalitní výrobní technologie je nutné zjistit účel součásti ve strojní jednotce, což bylo uděláno v první kapitole, provést analýzu výkresu součástí a provést technologickou přípravu výroby. Výsledky těchto analýz by měly formulovat hlavní technologické úkoly, které je potřeba řešit při zpracování výrobní technologie [14].

Technologická příprava výroby je zpracování výrobní dokumentace a podkladů pro materiální vybavení výrobního procesu, technologická příprava výroby se skládá z řešení následujících úloh [14]:

- návrh polotovaru,
- stanovení pořadí a počtu operací,
- specifikace výrobních strojů a jejich vybavení,
- pracovní podmínky,
- stanovení technickoekonomických parametrů,
- technickoekonomické vyhodnocení.

2.1 Analýza výkresu součásti

Součást – kuličková matice (viz obr. 2.1). Výkres součásti (viz příloha č. 1)



Obr. 2.1 Zvolená součást – kuličková matice.

Kritérium členění podle vztahu (2.1) [14]:

$$\lambda = \frac{L}{D} \quad (2.1)$$

$\lambda = 1,17$ což odpovídá skupině „Čepy a pouzdra“ $\lambda = 1$ až 3.

Základní tvarové prvky:

- válcové plochy vnější: $\varnothing 125_{-0,2}$, $\varnothing 90$ g6, $\varnothing 90_{-0,3}$, F2,5x0,3,
- válcové plochy vnitřní: $\varnothing 72$ H7, $\varnothing 72^{+0,1}$, $\varnothing 65,7^{+0,05}$,
- závit: rozměr závitu K63x10, M8x1 (2x), M4 (4x),
- díry rovnoběžné a kolmé k ose rotace: $\varnothing 11$ (8x), $\varnothing 4,5$ (2x), $\varnothing 4$ (4x),
- plošky, vybrání: otvory pro vložky $29,3^{+0,2}$. $12,3^{+0,1}$, drážka 10 P9 x 20 (2x).

Požadavky na přesnost:

- rozměry IT 9 až IT 5,
- drsnost povrchu Ra 3,2 až 0,4 μm ,
- sousost povrchů: 0,02 až 0,05 mm,
- Tolerance čelního házení: max. 0,02 mm,
- Tolerance rovnoběžnosti: max. 0,02 mm.

Základní druhy obrábění [14]:

- soustružení: 56 až 70 %,
- broušení: 16 až 26 %,
- frézování: 10 až 13 %,
- vrtání: 4 až 5 %.

Požadovaná tvrdost: 58-60 HRC

2.2 Návrh polotovaru

Maticе KŠM jsou důležité součásti, které se podrobují vysokým zátěžím v procesu provozování. Funkcionálně konstrukční prvky matic jsou určeny pro regulace a zabezpečení v procesu provozu předepsaného předpětí a taky pro rozmístění a interakce s kuličkami, které se dotýkají závitového povrchu šroubu. Pro zabezpečení funkčního účelu ve výrobě matic se používají oceli po kalení nebo po chemicko-tepelném zpracování. Nejčastěji se používají oceli 19 426 ČSN 41 9426 a 14 109 ČSN 41 4109. Obrobitelnost polotovaru z oceli 19 426 a 14 109 je skoro stejná [2, 10, 11].

Chemické složení (viz tab. 2.1).

Tab. 2.1 Chemické složení oceli [10, 11].

Ocel 19 426 ČSN 41 9426 [hm. %]								
C	Mn	Si	Cr	Ni	V	P	S	-
0,75-0,90	0,20-0,45	0,20-0,40	1,55-1,90	max 0,40	0,07-0,17	max 0,03	max 0,035	-
Ocel 14 109 ČSN 41 4109 [hm. %]								
C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Ni + Cu	P	S
0,90-1,10	0,30-0,50	0,15-0,35	1,30-1,65	max 0,30	max 0,25	max 0,50	max 0,027	max 0,030

Ocel 19 426 se používá pro výrobu matic bez přírub a s průměrem do 100 mm. Jako polotovar se volí tyč válcovaná za tepla, což není moc hospodárné, ale použití kování pro tuto ocel je obtížné a spojeno s citlivostí materiálu k oduhlíčení a se vznikem skrytých trhlin. Proto použití oceli 19 426 je doporučováno pro kusovou a malosériovou výrobu. Použití oceli 14 109 je hospodárnější, a proto se volí častěji. Jako polotovar z oceli 14 109 můžeme zvolit přířez z tyče válcované za tepla ČSN 42 5510 nebo zápustkový výkovek ČSN 42 9030. Optimální tepelní interval pro kování za tepla je určen podle ČSN 41 4109 a je 750 až 1 100 °C [2, 10, 11].

Materiál zvolené součásti je ocel 14 109 ČSN 41 4109.

Ocel je dobře tvářitelná za tepla a je vhodná k přímému kalení, ve stavu žíhaném na měkko dobře obrobiteľná. Optimální průměr, nebo tloušťka zušlechťení je asi 20 mm. Ocel je vhodná na součásti s velmi tvrdým povrchem odolným proti opotřebení. [10]

Technologické údaje a fyzikální vlastnosti oceli 14 109 podle ČSN 41 4109 [10]:

- tvářitelnost za tepla – třída 2,
- obrobiteľnost oceli – 13 b,
- hustota – 7 850 [kg.m⁻³],
- tvrdost HB – max. 210.

Polotovary z oceli 14 109 podle ČSN 41 4109 [10]:

- předvalky,
- bezešvé trubky tvářené za tepla,
- tyče válcované za tepla,
- tyče tažené za studena,
- výkovky,
- dráty tažené za studena.

Nejčastěji se používá tyče válcované za tepla a výkovky. Pro kvalitní návrh polotovaru musíme spočítat normu spotřeby materiálu a koeficient využití materiálu pro tyto druhy polotovarů [2, 14].

2.2.1 Tyč válcovaná za tepla ČSN 42 5510

Stanovení hmotnosti hotové součásti Q_s [kg] (2.2) [14]:

$$Q_s = V_s \cdot \rho \cdot 10^{-6} \quad (2.2)$$

Hmotnost hotové součásti: $Q_s = 2,449$ kg

Stanovení přídavek pro návrh polotovaru:

Přídavek na průměr P_c [mm] (2.3) [14]:

$$P_c = 0,05 \cdot d_s + 2 \quad (2.3)$$

Přídavek na deklinu P_{cl} [mm] (2.4) [14]:

$$P_{cl} = 0,05 \cdot l_s + 2 \quad (2.4)$$

Volí se tyč: $D_A = 130$ mm, celková délka $l_s = 3$ m, délka přířezu $l_{oD} = 112$ mm.

Hmotnost přířezu: Q_{pA} [kg.ks⁻¹] (2.5) [14]:

$$Q_{pA} = \frac{\pi \cdot D_A^2}{4} \cdot l_{oD} \cdot \rho \cdot 10^{-6} \quad (2.5)$$

Délka nevyužitého konce tyče: l_{kA} [mm] (2.6) [14]:

$$l_{kA} = l_s - n_A \cdot (l_{oD} + l_{uA}) \quad (2.6)$$

Šířka prořezu l_{uA} při použití pasové pily činí 2 mm [14].

Počet přířezu z tyče: n_A [ks] (2.7) [14]:

$$n_A = \frac{l_s}{l_{oD} + l_{uA}} \quad (2.7)$$

Odpad vzniklý při obrábění: q_{oA} [kg.ks⁻¹] (2.8) [14]:

$$q_{oA} = Q_{pA} - Q_s \quad (2.8)$$

Odpad vzniklý prořezem: q_{dA} [kg.ks⁻¹] (2.9) [14]:

$$q_{dA} = \frac{\pi \cdot D_A^2}{4} \cdot l_{uA} \cdot \rho \cdot 10^{-6} \quad (2.9)$$

Odpad z nevyužitého konce tyče: q_{kA} [kg.ks⁻¹] (2.10) [14]:

$$q_{kA} = \frac{\pi \cdot D_A^2}{4 \cdot n_A} \cdot l_{kA} \cdot \rho \cdot 10^{-6} \quad (2.10)$$

Norma spotřeby materiálu přířezu: Q_{mA} [kg.ks⁻¹] (2.11) [14]:

$$Q_{mA} = Q_{pA} + q_{dA} + q_{kA} \quad (2.11)$$

Koeficient využití materiálu přířezu: k_{mA} (2.12) [14]:

$$k_{mA} = \frac{Q_s}{Q_{mA}} \quad (2.12)$$

Získané hodnoty: $Q_{mA} = 13,876 \text{ kg.ks}^{-1}$, $k_{mA} = 0,176$.

2.2.2 Zápustkový výkovek ČSN 42 9030

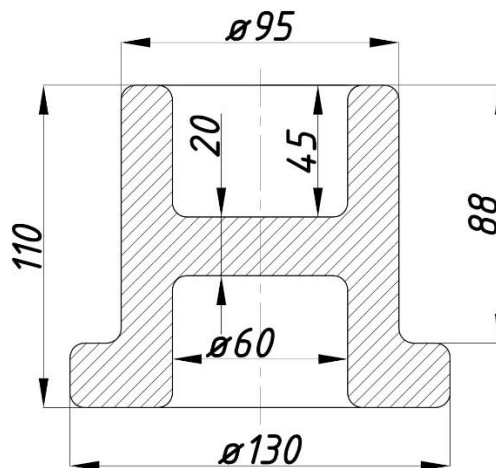
Výkres výkovku viz obr. 2.2.

Celkový objem výkovku: V_{vc} [mm³] (2.13) [14]:

$$V_{vc} = V_v + V_{výr.} + V_{op.} \quad (2.13)$$

Objem opálu: $V_{op.}$ [mm³] (2.14) [14]:

$$V_{op.} = 0,03 \cdot (V_v + V_{výr.}) \quad (2.14)$$



Obr. 2.2 Zápustkový výkovek.

Stanovení přířezu pro kování (vsázka):

Průměr polotovaru D_B [mm] (2.15) [14]:

$$D_B = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{vc}}{\lambda}} \quad (2.15)$$

Délka polotovaru l_{Bs} [mm] (2.16) [14]:

$$l_{Bs} = \frac{4 \cdot V_{vc}}{\pi \cdot D_B^2} \quad (2.16)$$

Volí se tyč: $D_B = 78 \text{ mm}$, celková délka $l_s = 3 \text{ m}$, délka přířezu $l_{oD} = 148 \text{ mm}$.

Dále se počítá: délka nevyužitého konce tyče: l_{kB} [mm] (2.6), počet přířezu z tyče: n_B [ks] (2.7), odpad vzniklý prořezem: q_{dB} [kg.ks⁻¹] (2.9), odpad z nevyužitého konce tyče: q_{kB} [kg.ks⁻¹] (2.10), hmotnost výkovku Q_V [kg] (2.2) [14].

Ztráta materiálu opálem q_{op} . [kg.ks⁻¹] (2.17) [14]:

$$q_{op.} = 0,015 \cdot Q_V \quad (2.17)$$

Ztráta materiálu výronkem $q_{výr.}$ [kg.ks⁻¹] (2.18) [14]:

$$q_{výr.} = 0,03 \cdot Q_V \quad (2.18)$$

Hmotnost vsázky do pece pro ohřev: Q_{cB} [kg.ks⁻¹] (2.19) [14]:

$$Q_{cB} = Q_V + q_{op.} + q_{výr.} \quad (2.19)$$

Norma spotřeby materiálu přířezu pro výkovek: Q_{mB} [kg.ks⁻¹] (2.20) [14]:

$$Q_{mB} = Q_{cB} + q_{dB} + q_{kB} \quad (2.20)$$

Koeficient využití materiálu přířezu pro výkovek: k_{mB} (2.21) [14]:

$$k_{mB} = \frac{Q_s}{Q_{mB}} \quad (2.21)$$

Získané hodnoty: $Q_{mB} = 6,14 \text{ kg.ks}^{-1}$, $k_{mB} = 0,4$.

2.2.3 Náklady na polotovary

V této kapitole jsou popsány pouze přibližné ceny polotovaru, všechny údaje byly zjištěny pomocí komunikace s firmami působícími ve výrobě polotovarů. Uvedené níže ceny slouží pouze k teoretickému výpočtu nákladů.

Dle nabídky firmy Feron a.s. tyč kruhová válcovaná za tepla z oceli 14 109 a s průměrem 130 mm přibližně bude stát 13456,- Kč za tyč v délce 3 m. Výsledná cena za jeden polotovar, s ohledem na to, že tyč se bude dělit na vlastní pilce, a počet přířezu z tyče je 26 ks viz kapitola 2.2.1, je 518,- Kč bez DPH.

Dle nabídky firmy Czech Precision Forge a.s. přibližná cena výkovku viz obr. 2.2 bude se spočítána s ohledem na to že minimální ekonomická dávka v nabídce této firmy je 450 ks, což je výroba na vhodném kovacím zařízení za jednu pracovní směnu. V takovém případě přibližná cena kusu bude 550,- Kč. Přibližná cena nářadí 105000,- Kč. Výsledná cena za jeden polotovar je 784,- Kč bez DPH.

2.2.4 Výběr polotovaru

Hodnocení polotovaru, připraveného pro výrobu dane součásti, závisí na následujících požadavcích [14]:

- optimální přídavky na obrábění,
- minimální spotřeba materiálu,
- minimální vynaložená práce na výrobu.

Při vhodném vyberu polotovaru jsou rozhodující celkové výrobní náklady [14].

Výrobní náklady jsou závislé na [14]:

- materiálové náročnosti a stupni využití materiálu polotovaru,
- velikosti vynaložených nákladů na zhotovení polotovaru z hlediska velikosti, složitosti tvarů a sériovosti výroby,
- velikosti nákladů vynaložených na obrábění.

V kapitole 2.2 byli zjištěny základní požadavky pro návrh polotovaru podle kterých se volí následující polotovary:

- tyč válcovaná za tepla ČSN 42 5510 $D_A = 130 \text{ mm}$, celková délka $l_s = 3 \text{ m}$, délka přířezu $l_{oD} = 112 \text{ mm}$ pro kusovou výrobu
- zápusťkový výkovek ČSN 42 9030 viz obr. 2.2 pro sériovou výrobu

2.3 Stanovení pořadí a počtu operací

Výrobní postup je postup výroby dané součásti od polotovaru po hotový výrobek. Výrobní postup musí obsahovat všechnu potřebnou informaci k zabezpečení racionálního průběhu výroby [14].

Stanovení počtu operací obrábění se dělí na [14]:

- počet a druh obráběných ploch,
- požadavky, tvarové, rozměrové přesnosti a drsnosti obráběných ploch,
- sériovost a opakovatelnost výroby,
- jakost obráběného materiálu a druh polotovaru.

Určení pořadí operací, se stanoví tak, aby byla plně zajištěna nejen kvalita výrobku, ale i nejmenší spotřeba práce, materiálu, energie, nejkratší průběžná doba [14].

Pořadí operací je dáno [14]:

- počtem obráběných ploch, zejména jejich funkční a technologickou vazbou,
- materiálovou náročností – z hlediska tepelného zpracování, povrchových úprav,
- požadavky montáže – na funkční vazby několika součástí z hlediska polohy, uložení.

Z uvedeného vyplývají určité technicky podmíněné návaznosti, které slouží pro stanovení typového sledu výroby (viz tab. 1.2) [14].

Vzhledem k tomu, že typové sledy výroby jsou dány v kapitole 1.7, dále v diplomové práci se používá velmi podobný počet operací a stejné pořadí operací pro kusovou a sériovou výrobu.

2.4 Volba obráběcích strojů

Vhodný výběr obráběcího stroje pro výrobu určité součásti závisí na následujících požadavcích [14]:

- druh obrábění,
- způsob obrábění,
- rozsah rozměrové řady výrobního programu,
- tvarová složitost,
- požadavky na jakost výroby (přesnost rozměrů, tvarů),
- požadavky na údržbu a spolehlivost výrobního zařízení,
- sériovost výroby,
- růst produktivity obrábění,
- hospodárnost výroby.

Při každé operaci výrobního procesu je nutné zajistit tvar a geometrické parametry zpracovávaných povrchů, jejich přesnost a kvalitu. Tyto požadavky do značné míry určují volbu stroje [15].

Faktor, který má významný vliv na výběr strojů, je produktivita. Je nutné usilovat o to, aby čas výroby jednoho kusu byl blízký k taktu výroby, což zajistí vysoký koeficient zatížení zařízení. V podmínkách velkosériové a hromadné výroby usiluje se o to, aby při každé operaci byli obsazeni maximálně jeden nebo dva stroje. V případě, že nelze zajistit produktivitu na jednovřetenových strojích, používají se vícevřetenové, vícenožové stroje, poloautomaty a automaty. Důležitým faktorem, pro vhodnou volbu stroje, je soulad velikosti pracovní plochy stroje a rozměru zadané součásti [15].

Podle pracovního rozsahu stroje se dělí na [16]:

- univerzální,
- speciální,
- jednoúčelové.

Univerzální stroje jsou určeny pro kusovou a malosériovou výrobu. Speciální a jednoúčelové stroje se používají ve velkosériové a hromadné výrobě [17].

2.4.1 Obráběcí stroje pro kusovou výrobu

1. Pásová pila PILOUS ARG 260 plus S.A.F

Pro dělení tyče na přířezy v první operaci byla zvolena univerzální pásová pila PILOUS ARG 260 plus S.A.F, která nachází všeobecné uplatnění od nepřetržitých non stop provozů až po zámečnické a údržbářské dílny. Stroj je vybaven výkonným průmyslovým hydraulickým agregátem. Po stisknutí jediného spínače se provede celý řezací cyklus – upnutí materiálu, start pilového pásu a systému chlazení, provedení řezu, zastavení pilového pásu a chlazení, zvednutí ramene do původní nastavitelné polohy a rozepnutí svěráku. To vše ve spojení s hydraulicky ovládaným posuvem pilového pásu do řezu podstatně zvyšuje produktivitu řezání [18].

Pila PILOUS ARG 260 plus S.A.F je zobrazena na obr. 2.3, technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.3.



Obr. 2.3 Stroj PILOUS ARG 260 plus S.A.F [18].

Tab. 2.3 Technické parametry PILOUS ARG 260 plus S.A.F [18].

Maximální obrobitelný průměr	260 mm
Rychlost pasu	15 – 90 m.min ⁻¹
Pracovní výška svěráku	910 mm
Rozměry pilového pasu	2880 x 27 x 0,9 mm
Rozměry stroje	1940 x 1451 x 1780 mm
Hmotnost	550 kg
Výkon motoru	2,2 kW

2. Univerzální hrotový soustruh TRENS řady SN 500 SA.

Tento stroj je určen pro obrábění hřídelových a přírubových součástí v kusové a sériové výrobě. Díky univerzálnosti, jednoduchosti obsluhy a pracovní přesnosti se velmi dobře hodí do výrobních provozů a nástrojářen. Z technologického hlediska lze stroj SN 500 SA využívat jak pro obrábění vnitřních i vnějších válcových, kuželových a kulových ploch, tak pro řezání vnějších nebo vnitřních závitů. Možnost použití narážek umožňuje přesné soustružení v nastavené délce, což výrazně zvyšuje účinnost obrábění, zejména při sériové výrobě. Velké vrtání vřetene umožňující obrábět obrobky až do 1000 kg zdůrazňuje vysokou tuhost konstrukce [19].

Soustruh TRENS řady SN 500 SA je zobrazen na obr. 2.4, technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.4.



Obr. 2.4 Stroj TRENS SN 500 SA [19].

Tab. 2.4 Technické parametry TRENS SN 500 SA [19].

Oběžný průměr nad ložem	505 mm
Vrtání vřetene	77 mm
Vzdálenost mezi hroty	1000 – 2000 mm
Otáčky vřetene	12,5 – 2000 min ⁻¹
Podélné / příčné posuvy	0,025 – 3,2 / 0,012 – 1,6 mm.ot ⁻¹
Výkon hlavního motoru	7,5 kW
Hmotnost stroje	2400 kg

3. CNC frézka OPTImill F 105.

Kompaktní řešení pro menší sériovou výrobu nebo školy s řídicím systémem SIEMENS SINUMERIK 808 D. Hlavní vřeteno je poháněné servomotorem. Standardní vřeteno s otáčkami $8\,000\text{ min}^{-1}$. Centrální mazání stroj. Všechna lineární vedení s kryty z ušlechtilé oceli. Vestavěné osvětlení stroje a chladicí zařízení. Elektropneumatický výměník nástrojů. Masivní a přesný křížový stůl, dostatečně velký a s přesnou povrchovou úpravou. Velké přístupové dveře usnadňují čištění stroje a údržbu [20].

CNC frézka OPTImill F 105 je zobrazena na obr. 2.5, technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.5.



Obr. 2.5 CNC frézka OPTImill F 105 [20].

Tab. 2.5 Technické parametry TYNTECH FNT 40 [20].

Rozměry pracovního stolu	400 x 800 mm
Max. zatížení stolu	250 x 1060 mm
Otáčky	$10 - 8000\text{ min}^{-1}$
Rozsah posuvu - osa X	$550\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$
Rozsah posuvu - osa Y	$340\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$
Rozsah posuvu - osa Z	$460\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$
Rychloposuv	$10000\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$
Min. vzdálenost vřetene a stolu	100 mm
Max. vzdálenost vřetene a stolu	600 mm
Kroutící moment vřetene	14 Nm
Doba výměny nástroje	7 s
Příkon motoru vřetene	5500 W
Rozměry (š × v × h)	$2164 \times 2200 \times 1860\text{ mm}$
Hmotnost stroje	2800 kg

4. Univerzální hrotová bruska Bernardo URS 500 N.

Univerzální hrotová bruska URS 500 N je vhodná pro vnější broušení obrobků do průměru 200 mm, zařízení na vnitřní broušení její rozsah použití dále rozšiřuje. Tento model je určen pro strojírenskou výrobu, ve výrobě nástrojů, forem a v malosériové výrobě. Sériově dodávána se zařízením na vnitřní broušení. Broušící vřeteník je při vnitřním broušení otočný o 180° [21].

Bruska Bernardo URS 500 N je zobrazena na obr. 2.6, technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.6.



Obr. 2.6 Stroj Bernardo URS 500 N [21].

Tab. 2.6 Technické parametry Bernardo URS 500 N [21].

Vzdálenost hrotů	500 mm
Výška hrotu	135 mm
Průměr vnějšího broušení	8 – 200 mm
Průměr vnitřního broušení	13 – 100 mm
Hloubka vnitřního broušení max.	125 mm
Rozsah naklápění stolu max.	+3° až -9°
Podélný pohyb stolu max.	600 mm
Posuv stolu	0,1 až 4 m.min ⁻¹
Otáčky vřetena	25 – 220 min ⁻¹
Rozměry brusného kotouče	400 x 50 x 203 mm
Otáčky vřetena	1670 min ⁻¹
Otáčky vřetena pro vnitřní broušení	20000 min ⁻¹
Rozsah naklápění brusného vřeteníku	+/- 30°
Výkon motoru brusné vřeteno	4,0 kW
Výkon motoru pracovní vřeteno	0,75 kW
Rozměry stroje	2150 x 1450 x 1700 mm
Hmotnost	2170 kg

5. Bruska na broušení vnitřních závitů MATRIX 3060 INTERNAL

Základní komponenty stroje jsou vyrobeny z litiny zajišťující tuhost a tepelnou stabilitu i při dlouhodobé práci. CNC systém SIEMENS 840D s programovacím systémem MATRIX umožňuje snadné ovládání a má intuitivní rozhraní, které usnadňuje školení a další práci operátora. Servopohony se zpětnou vazbou, optická pravítka s vysokým rozlišením podél všech os a vlastní chladič systém pro kuličkové šrouby zaručují vysokou přesnost procesu. Stroj má CNC řízené zařízení na úpravu brusného kotouče [22].

Bruska MATRIX 3060 INTERNAL je zobrazena na obr. 2.7, technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.7.



Obr. 2.7 Stroj MATRIX 3060 INTERNAL [22].

Tab. 2.7 Technické parametry MATRIX 3060 INTERNAL [22].

Maximální průměr součásti	300 mm
Maximální obrobitelný průměr	200 mm
Minimální obrobitelný průměr	8 mm
Maximální obrobitelná délka	100 mm
Maximální moment	154 Nm
Otáčky vřetena	0,4 – 120 min ⁻¹
Rychlost otáčení brusného kotouče	5000 – 30000 min ⁻¹
Posuv stolu	0,1 až 4 m.min ⁻¹
Otáčky vřetena	25 – 220 min ⁻¹
Rozsah naklápění brusného kotouče	±20°
Maximální průměr brusného kotouče	60 mm
Podélný pohyb max.	500 mm
Příčný pohyb max.	310 mm
Rozměry stroje	3800 x 3500 mm
Hmotnost	6800 kg

2.4.2 Obráběcí stroje pro sériovou výrobu

1. Portálové obráběcí centrum MCV 1210

Portálové obráběcí centrum MCV 1210 je vysoce produktivní stroj se širokým uplatněním při obrábění složitých tvarů ve třech nebo v pěti osách. Vzhledem k vysoké dynamice, velmi vysoké tuhosti a tlumícím vlastnostem konstrukce stroj umožňuje využití výhod HSC technologie [23]. Volitelné vybavení: měřicí sonda obrobku, otočný dvousý stůl, technologie soustružení, ruční oplachovací pistole.

Portálové obráběcí centrum MCV 1210 je zobrazen na obr. 2.8, technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.8.



Obr. 2.8 Stroj MCV 1210 [23].

Tab. 2.8 Technické parametry MCV 1210 [23].

Upínací plocha stolu	1200 x 1000 mm
Maximální otáčky vřetena	18 000 min ⁻¹
Maximální pracovní posuv	40 m.min ⁻¹
Naklápění vřetena osa A	+/- 115°
Naklápění vřetena osa C	+/- 200°
Maximální otáčky vřetena	18 000 min ⁻¹
Vzdálenost čela vřetena od stolu	65 – 665 mm
Maximální výkon	31 kW
Rozměry stroje	3600 x 4500 x 3830 mm
Hmotnost stroje	11500 kg
Řídicí systém	HEIDENHAIN, SIEMENS nebo FANUC

2. Precisní CNC soustruh Hembrug Mikroturn® 500 XL

Mikroturn® 500 XL je schopen dosáhnout přesnosti mikronů při obrábění kalené oceli díky vynikající tuhosti a tepelné stabilitě stroje. Konstrukce je unikátní díky použití plně hydrostatického hlavního vřetena [24].

CNC soustruh Hembrug Mikroturn® 500 XL je zobrazen na obr. 2.9, technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.9.



Obr. 2.9 Stroj Mikroturn® 500 XL [24].

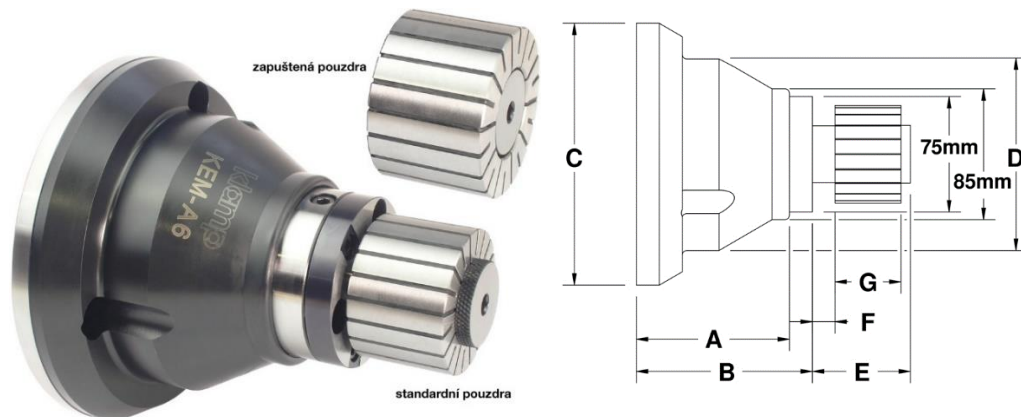
Tab. 2.9 Technické parametry MCV 1210 [24].

Maximální obrobitelný průměr	500 mm
Maximální hmotnost obrobku	300 kg
Maximální otáčky vřetena	2000 min ⁻¹
Maximální pracovní posuv	30 m.min ⁻¹
Řídicí systém	SIEMENS nebo FANUC
Hmotnost stroje	7500 kg

2.4.3 Přístroje a nářadí

1. Rozpínací trn KEM-ES-A6.

Rozpínací trn je zobrazen na obr. 2.10, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.10, technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.11.



Obr. 2.10 Rozpínací trn KEM-ES-A6 [25].

Tab. 2.10 Geometrické parametry KEM-ES-A6 [25].

A	B	C	D	E	F	G
95 mm	115 mm	170 mm	125 mm	64 mm	14,7 mm	43 mm

Tab. 2.11 Technické parametry KEM-ES-A6 [25].

Upínací rozsah roztažného trnu:	41,1 – 82,7 mm
Upínací rozsah roztažného pouzdra:	0,8 mm
Max. tažná síla:	23 kN
Max. upínací síla:	40,9 kN
Max. velikost závitu na tažné matici:	M75 x 2

2. Naklápěcí otočný stůl TT182 je otočný stůl kompaktní konstrukce a vysoké přesnosti, vhodný pro 4. a 5. osé obrábění.

Naklápěcí otočný stůl TT182 je zobrazen na obr. 2.11, technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.12.



Obr. 2.11 Naklápěcí otočný stůl TT182 [25].

Tab. 2.12 Technické parametry TT182 [25].

Úhel naklápění:	-35 – 110 °
Průměr upínací desky:	180 mm
Středící průměr na up. desce:	65H7 mm
Průměr průchozí díry vřetenem:	40 mm
Výška středu otáčení:	180 mm
Zpevňování:	pneumatické
Zpevňovací moment při pneu. tlaku 0,5 MPa:	450/800 Nm
Hmotnost:	163 kg

3. Tříčelist'ové silové sklíčidlo BB206.

Tříčelist'ové silové sklíčidlo BB206 je zobrazeno na obr. 2.12, technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.13.



Obr. 2.12 Tříčelist'ové silové sklíčidlo BB206 [25].

Tab. 2.13 Technické parametry BB206 [25].

Průchozí díra:	53 mm
Rozsah upnutí:	19 – 170 mm
Zdvih čelistí:	5,5 mm
Zdvih plunžru:	12 mm
Max. tažná ovládací síla:	20 kN
Max. upínací síla:	58,5 kN
Max. otáčky:	6000 min ⁻¹
Hmotnost:	11,7 kg
Měkké čelisti:	SB06B1

4. Měkké čelisti KSJ pro silová sklíčidla Kitagawa

Měkké čelisti KSJ SB06B1 jsou zobrazeny na obr. 2.13, technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.14.



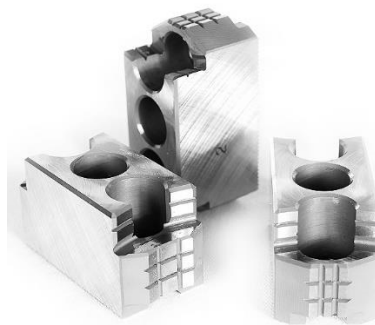
Obr. 2.13 Měkké čelisti KSJ SB06B1 [25].

Tab. 2.14 Technické parametry KSJ SB06B1 [25].

Průměr sklíčidla:	165 mm
Délka čelistí:	72 mm
Šířka čelistí:	30 mm
Výška čelistí:	31 mm
Drážka:	12 mm
Rozteč děr:	20 mm

5. Tvrdé čelisti pro silová sklíčidla HB06B1

Tvrdé čelisti pro silová sklíčidla HB06B1 jsou zobrazeny na obr. 2.14.

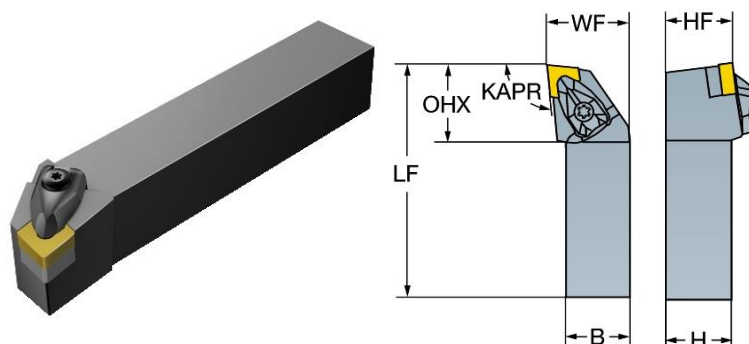


Obr. 2.14 Tvrdé čelisti HB06B1 [25].

2.5 Volba nástrojů.

Označení geometrických parametrů nástrojů je uvedeno dle ISO 13399. Systém značení jednotlivých nástrojů a břitových destiček viz příloha 5, příloha 6, příloha 7. Označení materiálu břitových destiček viz příloha 8.

1. Nůž pro vnější soustružení DCLNR 2525M 19. Nástroj je zobrazen na obr. 2.15, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.15.

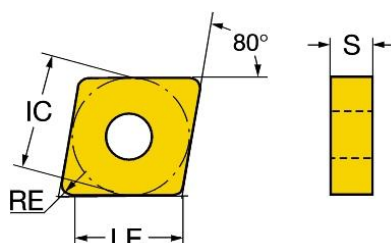


Obr. 2.15 DCLNR 2525M 19 [26].

Tab. 2.15 Geometrické parametry DCLNR 2525M 19 [26].

WF	HF	LF	KAPR	OHX	B	H
45 mm	25 mm	150 mm	95 °	43,7 mm	25mm	25 mm

Zvolena vyměnitelná břitová destička CNMG 19 06 16-PR 4335 je zobrazena na obr. 2.16, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.16.



Obr. 2.16 CNMG 19 06 16-PR 4335 [26].

Tab. 2.16 Parametry CNMG 19 06 16-PR 4335 [26].

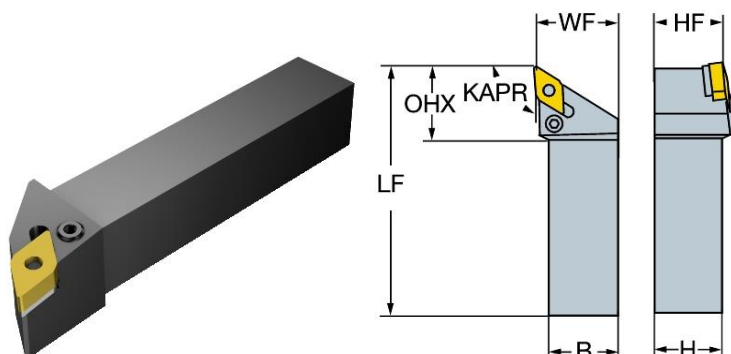
LE	RE	IC	S	f	a_p	v_c	Materiál / Povlak
17,744 mm	1,588 mm	19,05 mm	6,35 mm	0,3 – 0,8 mm	1,5 – 10 mm	140 – 215 m.min ⁻¹	GS4335 / CVD Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN

Zvolena vyměnitelná břitová destička pro dokončení CNMG 19 06 08-PM 4315 viz obr. 2.16, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.17.

Tab. 2.17 Parametry CNMG 19 06 08-PM 4315 [26].

LE	RE	IC	S	f	a_p	v_c	Materiál / Povlak
18,544 mm	0,794 mm	19,05 mm	6,35 mm	0,15 – 0,5 mm	0,5 – 8,6 mm	345 – 530 m.min ⁻¹	GS4315 / CVD Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN

2. Nůž pro vnější soustružení PDJNR 1616H 11. Nástroj viz obr. 2.17, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.18.

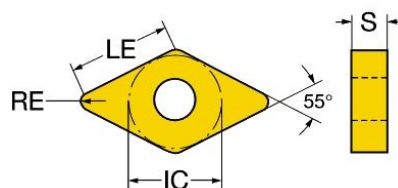


Obr. 2.17 PDJNR 1616H 11 [26].

Tab. 2.18 Geometrické parametry PDJNR 1616H 11 [26].

WF	HF	LF	KAPR	OHX	B	H
20 mm	16 mm	100 mm	93 °	49,7 mm	16 mm	16 mm

Zvolena vyměnitelná břitová destička DNMG 11 04 04-PM 4335 viz obr. 2.18, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.19.

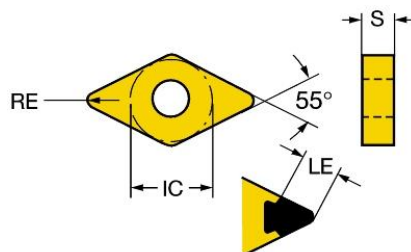


Obr. 2.18 DNMG 11 04 04-PM 4335 [26].

Tab. 2.19 Parametry DNMG 11 04 04-PM 4335 [26].

LE	RE	IC	S	f	a_p	v_c	Materiál / Povlak
11,228 mm	0,397 mm	9,525 mm	4,763 mm	0,1 – 0,3 mm	0,3 – 5 mm	215 – 310 m.min-1	GS4335 / CVD Ti(C,N)+Al2O3+TiN

Zvolena vyměnitelná břitová destička pro obrábění součástí po kalení DNGA110412S01030A 7015 viz obr. 2.19, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.20. Břitovou destičku tvoří hrot z CBN, který je připájený na nosič ze slinutého karbidu.

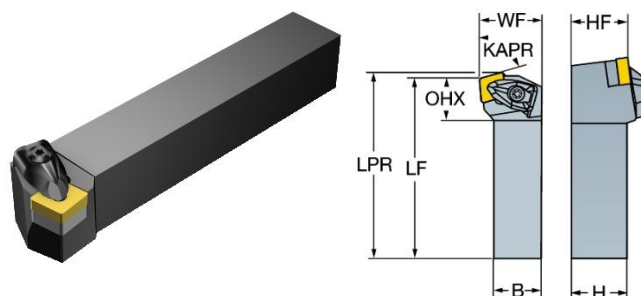


Obr. 2.19 DNGA110412S01030A 7015 [26].

Tab. 2.20 Parametry DNGA110412S01030A 7015 [26].

LE	RE	IC	S	f	a_p	v_c	Materiál / Povlak
2,5 mm	1,191 mm	9,525 mm	4,763 mm	0,06 – 0,38 mm	0,07 – 0,6 mm	150 – 250 m.min-1	CB7015 / PVD TiN

3. Nůž pro vnější soustružení pro obrábění součástí po kalení DCKNR 2020K 12. Nástroj je zobrazen na obr. 2.20, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.21.

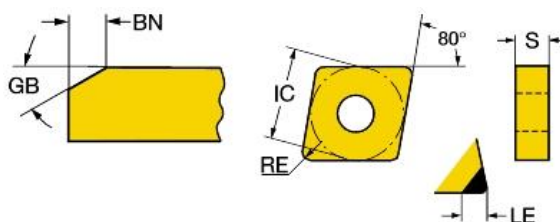


Obr. 2.20 DCKNR 2020K 12 [26].

Tab. 2.21 Geometrické parametry DCKNR 2020K 12 [26].

WF	HF	LF	KAPR	OHX	B	H
25 mm	20 mm	125 mm	75 °	21,2 mm	20 mm	20 mm

Zvolena vyměnitelná břitová destička pro obrábění součástí po kalení CNGA120416S02035F 7125 je zobrazena na obr. 2.21, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.22. Břitovou destičku tvoří hrot z CBN, který je připájený na nosič ze slinutého karbidu.

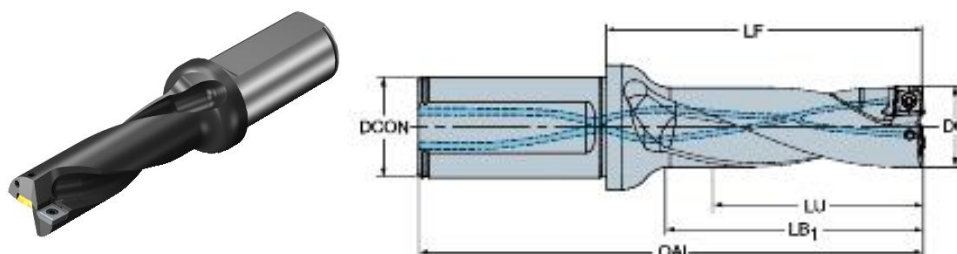


Obr. 2.21 CNGA120416S02035F 7125 [26].

Tab. 2.22 Parametry CNGA120416S02035F 7125 [26].

LE	RE	IC	S	BN	GB	v_c	Materiál / Povlak
2,8 mm	1,6 mm	12,7 mm	4,76 mm	0,2 mm	35 °	150 – 250 m.min ⁻¹	CB7125 / PVD AlTiCrN

4. Vrták 880-D3000L32-04. Nástroj je zobrazen na obr. 2.22, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.23.

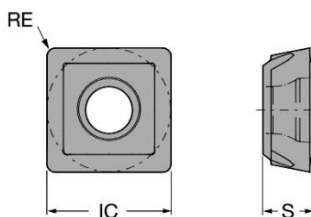


Obr. 2.22 880-D3000L32-04 [26].

Tab. 2.23 Geometrické parametry 880-D3000L32-04 [26].

DC	LU	LB1	LF	OAL	DCON
30 mm	120 mm	124 mm	146,5 mm	207 mm	32 mm

Zvolena vyměnitelná břitová destička 880-06 04 W10H-P-GR 4344 je zobrazena na obr. 2.23, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.24.

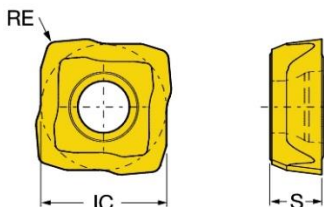


Obr. 2.23 880-06 04 W10H-P-GR 4344 [26].

Tab. 2.24 Parametry 880-06 04 W10H-P-GR 4344 [26].

RE	IC	S	f	v_c	Materiál / Povlak
1 mm	10,65 mm	3,5 mm	0,08 – 0,32 mm	115 – 215 m.min ⁻¹	GS4344 / PVD (Ti,Al)N ₂

Zvolena vyměnitelná břitová destička 880-06 04 06H-C-GR 1044 je zobrazena na obr. 2.24, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.25.



Obr. 2.24 880-06 04 06H-C-GR 1044 [26].

Tab. 2.25 Parametry 880-06 04 06H-C-GR 1044 [26].

RE	IC	S	f	v_c	Materiál / Povlak
0,6 mm	10,2 mm	3,5 mm	0,08 – 0,32 mm	115 – 215 m.min ⁻¹	GS1044 / PVD (Ti,Al)N

5. Vrták 880-D6000L40-02. Nástroj viz obr. 2.22, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.26.

Tab. 2.26 Geometrické parametry 880-D6000L40-02 [26].

DC	LU	LB1	LF	OAL	DCON
60 mm	120 mm	126 mm	166,5 mm	237 mm	40 mm

Zvolena vyměnitelná břitová destička 880-09 06 W12H-P-GR 4344 viz obr. 2.23, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.27.

Tab. 2.27 Parametry 880-09 06 W12H-P-GR 4344 [26].

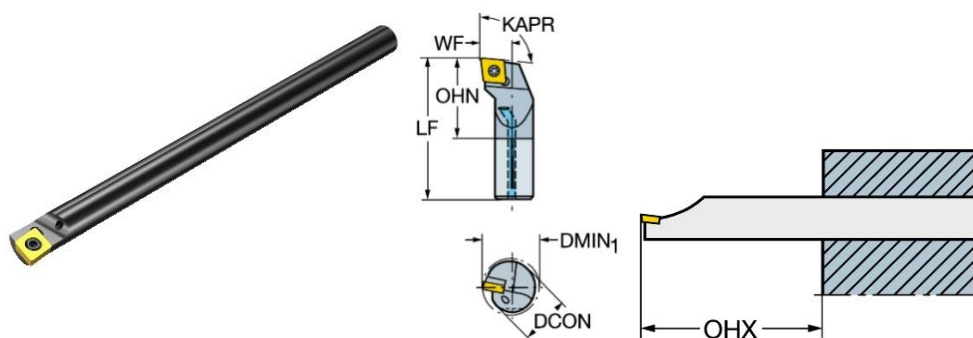
RE	IC	S	f	v_c	Materiál / Povlak
1,2 mm	18,6 mm	5,5 mm	0,1 – 0,34 mm	115 – 215 m.min ⁻¹	GS4344 / PVD (Ti,Al)N ₂

Zvolena vyměnitelná břitová destička 880-09 06 08H-C-GR 1044 viz obr. 2.24, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.28.

Tab. 2.28 Parametry 880-09 06 08H-C-GR 1044 [26].

RE	IC	S	f	v_c	Materiál / Povlak
0,8 mm	17,9 mm	5,5 mm	0,1 – 0,34 mm	115 – 215 m.min ⁻¹	GS1044 / PVD (Ti,Al)N

6. Monolitní karbidová vyvrtávací tyč E20S-SCLCR 09-R. Nástroj je zobrazen na obr. 2.25, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.29.

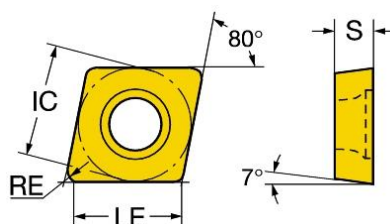


Obr. 2.25 E20S-SCLCR 09-R [26].

Tab. 2.29 Geometrické parametry E20S-SCLCR 09-R [26].

WF	OHN	BD	LF	DMIN1	DCON	OHX
13 mm	36,3 mm	20 mm	220 mm	25 mm	20 mm	120 mm

Zvolena vyměnitelná břitová destička pro hrubování CCMT 09 T3 12-PR 4325 je zobrazena na obr. 2.26, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.30.



Obr. 2.26 CCMT 09 T3 12-PR 4325 [26].

Tab. 2.30 Parametry CCMT 09 T3 12-PR 4325 [26].

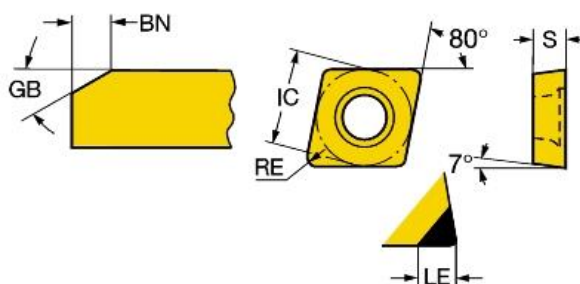
IC	RE	LE	S	f	a_p	v_c	Materiál / Povlak
9,525 mm	1,191 mm	8,472 mm	3,969 mm	0,15 – 0,42 mm	1,2 – 4 mm	310 – 440 $m \cdot min^{-1}$	GS4325 / CVD Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN

Zvolena vyměnitelná břitová destička pro dokončení CCMT 09 T3 08-PF 4325 je zobrazena na obr. 2.26, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.31.

Tab. 2.31 Parametry CCMT 09 T3 08-PF 4325 [26].

IC	RE	LE	S	f	a_p	v_c	Materiál / Povlak
9,525 mm	0,794 mm	8,872 mm	3,969 mm	0,08 – 0,27 mm	0,15 – 2 mm	370 – 485 $m \cdot min^{-1}$	GS4325 / CVD Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN

Zvolena vyměnitelná břitová destička pro obrábění součástí po kalení CCGW09T304S01020F 7125 je zobrazena na obr. 2.27, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.32. Břitovou destičku tvoří hrot z CBN, který je připájený na nosič ze slinutého karbidu.

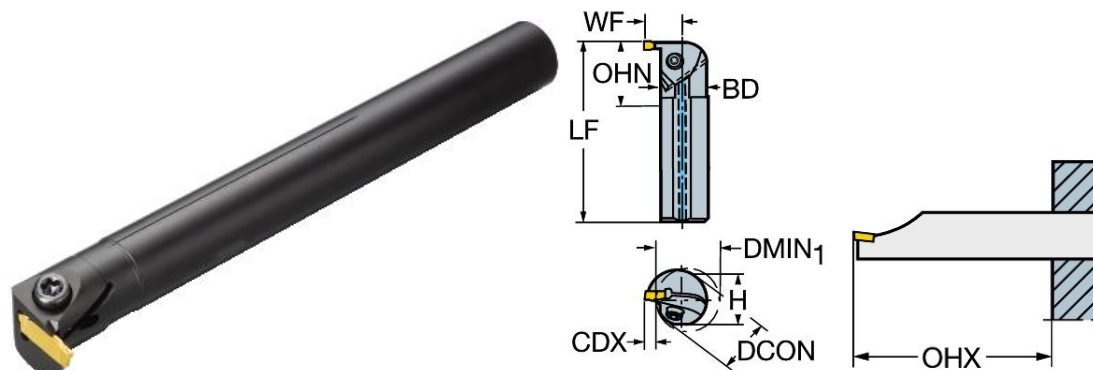


Obr. 2.27 CCGW09T304S01020F 7125 [26].

Tab. 2.32 Parametry CCGW09T304S01020F 7125 [26].

IC	RE	LE	S	f	a_p	v_c	Materiál / Povlak
9,525 mm	0,4 mm	2,6 mm	3,969 mm	0,05 – 0,2 mm	0,07 – 0,2 mm	150 – 195 m.min ⁻¹	CB7125 / PVD AlTiCrN

7. Vyvrtávací tyč pro soustružení závitu RAG123J08-25B. Nástroj je zobrazen na obr. 2.28, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.33.

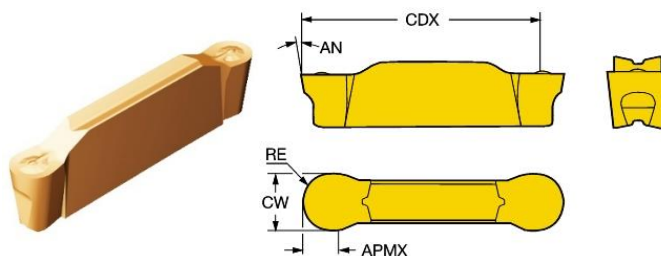


Obr. 2.28 RAG123J08-25B [26].

Tab. 2.33 Geometrické parametry RAG123J08-25B [26].

WF	OHX	BD	LF	CDX	DMIN1	DCON	OHX
19,75 mm	35 mm	25 mm	250 mm	8 mm	32 mm	25 mm	108 mm

Zvolena vyměnitelná břitová destička N123J2-0600-RO 1125 je zobrazena na obr. 2.29, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.34.

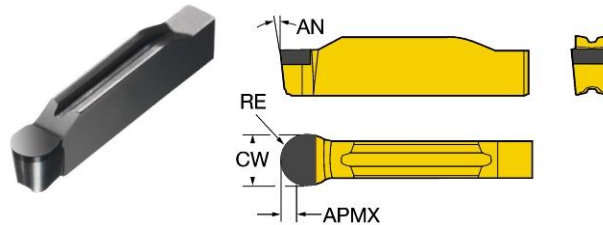


Obr. 2.29 N123J2-0600-RO 1125 [26].

Tab. 2.34 Parametry N123J2-0600-RO 1125 [26].

CDX	AN	RE	CW	f	a_p max	v_c	Materiál / Povlak
22,2 mm	7°	3 mm	6 mm	0,15 – 0,23 mm	2,8 mm	150 – 170 m.min ⁻¹	GS1125 / PVD (Ti,Al)N

Zvolena vyměnitelná břitová destička pro obrábění součástí po kalení N123J1-0635-RE 7015 je zobrazena na obr. 2.30, základní geometrické parametry a řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 2.35. Břitovou destičku tvoří hrot z CBN, který je připájený na nosič ze slinutého karbidu.



Obr. 2.30 N123J1-0635-RE 7015 [26].

Tab. 2.35 Parametry N123J1-0635-RE 7015 [26].

AN	RE	CW	f	a_p	v_c	Materiál / Povlak
7°	3,175 mm	6,35 mm	0,02 – 0,08 mm	0,75 mm	170 – 150 m.min ⁻¹	CB7015 / PVD TiN

8. Univerzální čelní stopková fréza 2S342-0953-038-PA 1730. Nástroj je zobrazen na obr. 2.31, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.36.

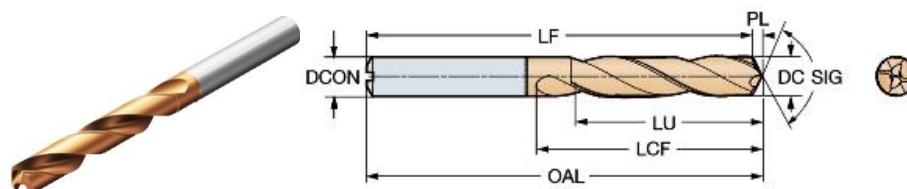


Obr. 2.31 2S342-0953-038-PA 1730 [26].

Tab. 2.36 Geometrické parametry 2S342-0953-038-PA 1730 [26].

DCON	DC	LF	APMX	RE	Materiál / Povlak
9,525 mm	9,525 mm	63,5 mm	22,225 mm	0,381 mm	GS1730 / PVD AlCrN

9. Monolitní vrták 860.1-1100-037A0-PM 4234. Nástroj je zobrazen na obr. 2.32, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.37.



Obr. 2.32 860.1-1100-037A0-PM 4234 [26].

Tab. 2.37 Geometrické parametry 860.1-1100-037A0-PM 4234 [26].

DCON	LF	PL	DC	SIG	LU	LCF	OAL	Materiál / Povlak
12 mm	100,1 mm	1,9 mm	11 mm	147°	37,3 mm	55 mm	102 mm	GS4234 / PVD (Ti,Al)N

10. Monolitní vrták 860.1-0450-027A0-PM 4234. Viz obr. 2.32, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.38.

Tab. 2.38 Geometrické parametry 860.1-0450-027A0-PM 4234 [26].

DCON	LF	PL	DC	SIG	LU	LCF	OAL	Materiál / Povlak
6 mm	73,2 mm	0,8 mm	4,5 mm	147 °	23,3 mm	36 mm	74 mm	GS4234 / PVD (Ti,Al)N

11. Monolitní vrták 860.1-0680-024A0-PM 4234. Viz obr. 2.32, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.39.

Tab. 2.39 Geometrické parametry 860.1-0680-024A0-PM 4234 [26].

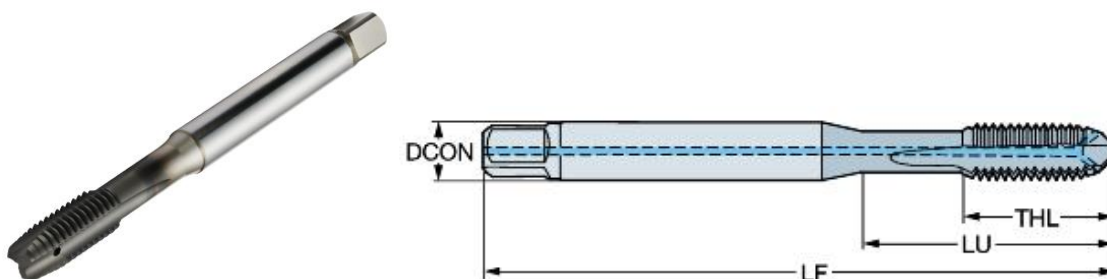
DCON	LF	PL	DC	SIG	LU	LCF	OAL	Materiál / Povlak
8 mm	77,9 mm	1,1 mm	6,8 mm	147 °	21,5 mm	34 mm	79 mm	GS4234 / PVD (Ti,Al)N

12. Monolitní vrták 860.1-0330-029A1-PM 4234. Viz obr. 2.32, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.40.

Tab. 2.40 Geometrické parametry 860.1-0330-029A1-PM 4234 [26].

DCON	LF	PL	DC	SIG	LU	LCF	OAL	Materiál / Povlak
6 mm	73,4 mm	0,6 mm	3,3 mm	147 °	27 mm	35 mm	74 mm	GS4234 / PVD (Ti,Al)N

13. Monolitní závitník EP09PM8. Nástroj je zobrazen na obr. 2.33, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.41.



Obr. 2.33 EP09PM8 [26].

Tab. 2.41 Geometrické parametry EP09PM8 [26].

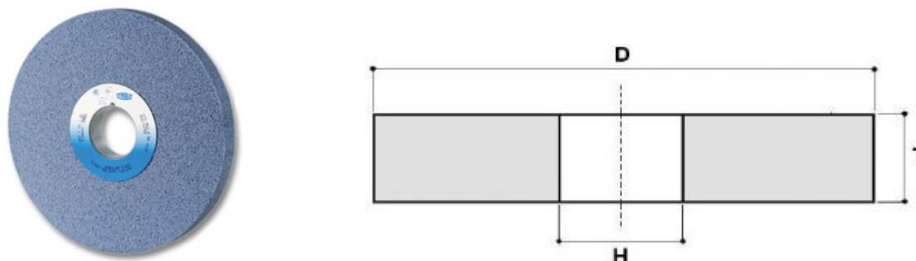
DCON	THL	LU	LF	Materiál / Povlak
8 mm	17,4 mm	35 mm	90 mm	HSS / PVD TiAlN

14. Monolitní závitník EP09PM4. Viz obr. 2.33, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.42.

Tab. 2.42 Geometrické parametry EP09PM4 [26].

DCON	THL	LU	LF	Materiál / Povlak
4,5 mm	11,7 mm	21 mm	63 mm	HSS / PVD TiAlN

15. Brusný kotouč TYROLIT T1 350x40x127 454A60J10V40. Nástroj je zobrazen na obr. 2.34, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.43, specifikace viz tab. 2.44.



Obr. 2.34 454A60J10V40 [27].

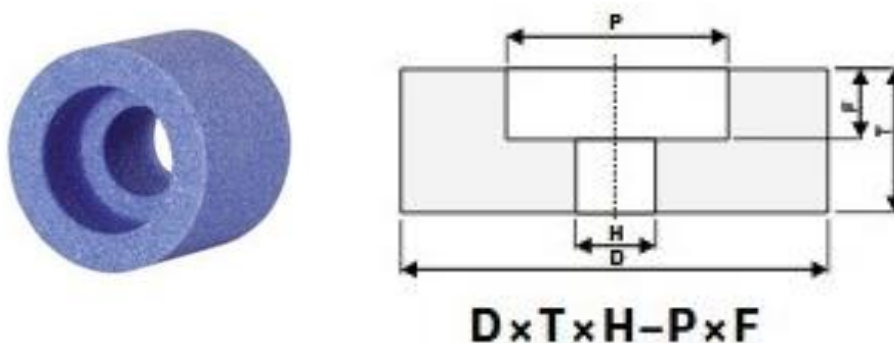
Tab. 2.43 Geometrické parametry 454A60J10V40 [27].

D	T	H	Broušený materiál	Složení
350 mm	40 mm	127 mm	Ocel kalená do 65 HRC	Umělý korund mikrokrystalický s pojivem keramickým

Tab. 2.44 Specifikace 454A60J10V40 [27].

Typ zrna	454A	Mikrokrystalický korund
Zrnitost	60	Střední zrnitost
Tvrdost	J	Měkka
Struktura	10	Otevřena
Typ pojiva	V	Keramické
Max. rychlost	40 m.s-1	Běžná

16. Brusný kotouč NORTON T5 63x50x20 – 32x32 5SG60LVS. Nástroj je zobrazen na obr. 2.35, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.45, specifikace viz tab. 2.46.



Obr. 2.35 5SG60LVS [27].

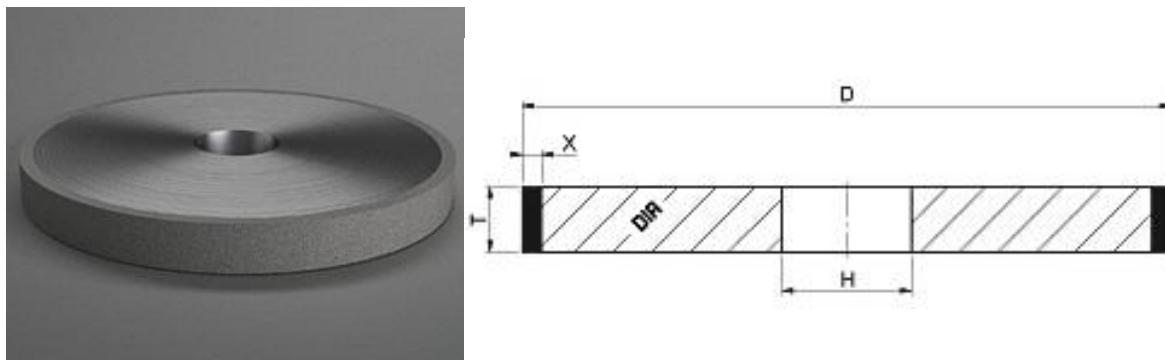
Tab. 2.45 Geometrické parametry 5SG60LVS [27].

D	T	H	Broušený materiál	Složení	P x F
63 mm	50 mm	20 mm	Ocel kalená do 67 HRC	Keramizované zrno s jemnou mikrokrystalickou strukturou, 50% keramizovaného zrna	32 x 32 mm

Tab. 2.46 Specifikace 5SG60LVS [27].

Typ zrna	5SG	50% Samoostřící korund
Zrnitost	60	Střední zrnitost
Tvrдость	L	Střední
Typ pojiva	V	Keramické

17. Brusný kotouč pro broušení obvodem. Tvar dle ISO 6106 (FEPA) – 1A1. Nástroj je zobrazen na obr. 2.36, specifikace je uvedena v tab. 2.47.



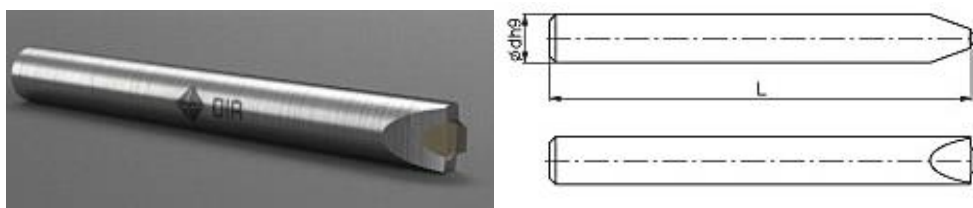
Obr. 2.36 Brusný kotouč 1A1 D48-T7-X5-H12 B76-C100-V27-N [28].

Tab. 2.47 Specifikace 1A1 D48-T7-X5-H12 B76-C100-V27-N dle ISO 6106 (FEPA) [28].

Tvar kotouče	1A1	Broušení obvodem
Průměr kotouče D	48 mm	-
Šířka brusné vrstvy X	5 mm	-
Výška brusné vrstvy T	7 mm	-
Upínací průměr H	12 mm	-
Zrnitost	B76	Pro drsnost povrchu Ra 0,4
Pojivo	V	Keramické
Koncentrace	C100	Vyšší. Při nárocích na držení tvaru kotouče se používají vysoké koncentrace [28].
Řezná rychlost	2 – 50 m/s	Pro keramické pojivo
Broušený materiál	-	Kalené oceli o tvrdosti nad 55 HRC
Složení	-	Kubický nitrid bóru

17.1 Pevný orovnávač 8x100

Jednokamenný broušený orovnávač je nejlepší nástroj pro přesné tvarové orovnávaní brusných kotoučů, který využívá nabroušeného tvaru přírodního diamantu. Dokáže nejkvalitněji orovnat kotouč s vysokou přesností a nejvyšší řezivostí. Je určen hlavně pro tvarové orovnávaní. Po otupení orovnávače se pootočí o 180°. Po otupení z obou stran je nutno diamant přebrousit [28]. Nástroj je zobrazen na obr. 2.37, základní geometrické parametry jsou uvedeny v tab. 2.48.



Obr. 2.37 Pevný orovnávač 8x100 [28].

Tab. 2.48 Geometrické parametry orovnávače [28].

Ø dh9	L	$\alpha +1^\circ - 2^\circ$	Doporučený diamant
8 mm	100 mm	45 °	0,75 ct.

Výsledný nástrojový list pro kusovou výrobu viz tab. 2.49:

Tab. 2.49 Nástrojový list pro kusovou výrobu.

Název nástroje	Pozice	Označení	Materiál	Cena
Soustružnický nůž Břítová destička	T1	DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 16-PR 4335	GS4335	2385 CZK 699 CZK
Soustružnický nůž Břítová destička	T2	PDJNR 1616H 11 DNMG 11 04 04-PM 4335	GS4335	4470 CZK 333 CZK
Soustružnický nůž Břítová destička	T3	E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 12-PR 4325	GS4325	15155 CZK 255 CZK
Soustružnický nůž Břítová destička	T4	E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 08-PF 4325	GS4325	15155 CZK 255 CZK
Soustružnický nůž Břítová destička	T5	RAG123J08-25B N123J2-0600-RO 1125	GS1125	5990 CZK 938 CZK
Vrták ø30 mm Břítová destička Břítová destička	D1	880-D3000L32-04 880-06 04 W10H-P-GR 4344 880-06 04 06H-C-GR 1044	GS4344 GS1044	14455 CZK 437 CZK 437 CZK
Vrták ø11 mm	D2	860.1-1100-037A0-PM 4234	GS4234	3970 CZK
Vrták ø6,8 mm	D3	860.1-0680-024A0-PM 4234	GS4234	2405 CZK
Vrták ø4,5 mm	D4	860.1-0450-027A0-PM 4234	GS4234	2455 CZK
Vrták ø3,3 mm	D5	860.1-0330-029A1-PM 4234	GS4234	4620 CZK
Závitník M8	M1	EP09PM8	HSS	1675 CZK
Závitník M4	M2	EP09PM4	HSS	1380 CZK
Stopková fréza	M3	2S342-0953-038-PA 1730	GS1730	3290 CZK
Brusný kotouč	G1	T1 350x40x127 454A60J10V40	Umělý korund mikrokrytalický s pojivem keramickým	5 014 CZK
Brusný kotouč	G2	T5 63x50x20 32x32 5SG60LVS	Umělý korund	797 CZK
Brusný kotouč	G3	1A1 D48-T7-X5-H12 B76-C100-V27-N	CBN s pojivem keramickým	3630 CZK
Pevný orovnávač	G4	Pevný orovnávač 8x100	Diamant	2865 CZK

Výsledný nástrojový list pro sériovou výrobu viz tab. 2.50:

Tab. 2.50 Nástrojový list pro sériovou výrobu.

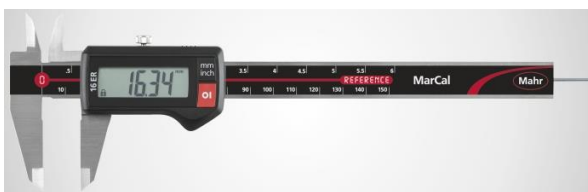
Název nástroje	Pozice	Označení	Materiál	Cena
Soustružnický nůž Břítová destička	T1	DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 08-PM 4315	GS4315	2385 CZK 699 CZK
Soustružnický nůž Břítová destička	T2	PDJNR 1616H 11 DNMG 11 04 04-PM 4335	GS4335	4470 CZK 333 CZK
Soustružnický nůž Břítová destička	T3	PDJNR 1616H 11 DNGA110412S01030A 7015	CB7015	4470 CZK 2950 CZK
Soustružnický nůž Břítová destička	T4	DCKNR 2020K 12 CNGA120416S02035F 7125	CB7125	2260 CZK 2090 CZK
Soustružnický nůž Břítová destička	T5	E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 12-PR 4325	GS4325	15155 CZK 255 CZK
Soustružnický nůž Břítová destička	T6	E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 08-PF 4325	GS4325	15155 CZK 255 CZK
Soustružnický nůž Břítová destička	T7	E20S-SCLCR 09-R CCGW09T304S01020F 7125	CB7125	15155 CZK 1560 CZK
Soustružnický nůž Břítová destička	T8	RAG123J08-25B N123J2-0600-RO 1125	GS1125	5990 CZK 938 CZK
Soustružnický nůž Břítová destička	T9	RAG123J08-25B N123J1-0635-RE 7015	CB7015	5990 CZK 2845 CZK
Vrták ø60 mm Břítová destička Břítová destička	D1	880-D6000L40-02 880-09 06 W12H-P-GR 4344 880-09 06 08H-C-GR 1044	GS4344 GS1044	16615 CZK 516 CZK 516 CZK
Vrták ø11 mm	D2	860.1-1100-037A0-PM 4234	GS4344	3970 CZK
Vrták ø6,8 mm	D3	860.1-0680-024A0-PM 4234	GS4344	2405 CZK
Vrták ø4,5 mm	D4	860.1-0450-027A0-PM 4234	GS4344	2455 CZK
Vrták ø3,3 mm	D5	860.1-0330-029A1-PM 4234	GS4344	4620 CZK
Závitník M8	M1	EP09PM8	HSS	1675 CZK
Závitník M4	M2	EP09PM4	HSS	1380 CZK
Stopková fréza	M3	2S342-0953-038-PA 1730	GS1730	3290 CZK

Ceny v nástrojových listech pro kusovou a sériovou výroby, viz tab. 2.49 a tab. 2.50, jsou pouze orientační a slouží pouze k teoretickému vypočtu nákladů v rámci dane diplomové práci.

2.5.1 Volba měřicích nástrojů

Pro zabezpečení požadované přesnosti jsou zvolené následující měřicí nástroje:

1. Digitální posuvné měřítko 0 – 150 mm MARCAL 16, je zobrazeno na obr. 2.38.



Obr. 2.38 MARCAL 16 [29].

2. MARCAL 30 EWRI-D 0 – 200 mm digitální hloubkoměr, je zobrazen na obr. 2.39.



Obr. 2.39 MARCAL 30 EWRI-D [29].

3. MICROMAR 40 EWR 75 – 100 mm, digitální třmenový mikrometr, je zobrazen na obr. 2.40.



Obr. 2.40 MICROMAR 40 EWR [29].

4. MICROMAR 40 EWR 100 – 125 mm, digitální třmenový mikrometr.
5. MARSTAND 815 MA měřicí stojan s magnetickou základnou, je zobrazen na obr. 2.41.



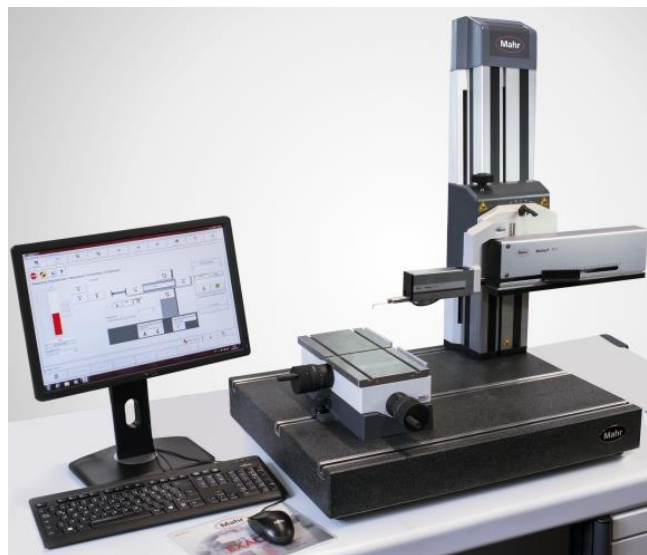
Obr. 2.41 MARSTAND 815 MA [29].

6. MICROMAR 44 EWR 60 – 70 mm, samostředící digitální třídotekový dutinoměr, je zobrazen na obr. 2.42.



Obr. 2.42 MICROMAR 44 EWR [29].

7. MICROMAR 44 EWR 70 – 85 mm, samostředící digitální třídotekový dutinoměr, je zobrazen na obr. 2.42.
8. MARSURF XCR 20 pracoviště na měření drsnosti a kontur, je zobrazeno na obr. 2.43. Kombinované měřicí pracoviště umožňuje provádění měření hloubky drsnosti a rovněž kontur na jednom měřicím pracovišti. V závislosti na měřicí úloze lze aktivovat buď posuvovou jednotku GD 25 pro měření hloubky drsnosti nebo posuvovou jednotku PCV pro měření kontur. Oba měřicí systémy jsou upevněny pomocí kombinovaného držáku na měřicím stojanu [29].



Obr. 2.43 MARSURF XCR 20 [29].

9. MARSTAND 107 MH magnetické měřicí a upínací prizma, je zobrazena na obr. 2.44.



Obr. 2.44 MARSTAND 107 MH [29].

10. Závitový mezní kalibry VÖLKEL - trn M4 - 6H, VÖLKEL - trn M8 - 6H

11. Svinovací metr FESTA 5m - pogumovaný s magnetem

Výsledný list nástrojů pro měření viz tab. 2.51:

Tab. 2.51 List nástrojů pro měření.

Název nástroje	Označení	Cena*
Digitální posuvné měřítko 0 – 150 mm	MARCAL 16	3860 CZK
Digitální hloubkoměr 0 – 200 mm	MARCAL 30 EWRI-D	17635 CZK
Digitální třmenový mikrometr 75 – 100 mm	MICROMAR 40 EWR	9064 CZK
Digitální třmenový mikrometr 100 – 125 mm	MICROMAR 40 EWR	10025 CZK
Měřicí stojan s magnetickou základnou	MARSTAND 815 MA	11386 CZK
Digitální třídotekový dutinoměr 60 – 70 mm	MICROMAR 44 EWR	40277 CZK
Digitální třídotekový dutinoměr 70 – 85 mm	MICROMAR 44 EWR	40505 CZK
Pracoviště na měření drsnosti a kontur	MARSURF XCR 20	901428 CZK
Magnetické měřicí a upínací prizma	MARSTAND 107 MH	22153 CZK
Závitový mezní kalibr M4	VÖLKEL - trn M4 - 6H	1253 CZK
Závitový mezní kalibr M8	VÖLKEL - trn M8 - 6H	1360 CZK
Svinovací metr pogumovaný s magnetem	metr FESTA	206 CZK

*přibližné ceny zjištěny z různých zdrojů a pomocí komunikace s dodavateli.

V kapitolách 2.4.1 – 2.5.1 byli navrženy a popsány potřebné stroje, přístroje, nástroje a měřicí nástroje pro provádění technologických procesů. Stroje a nástroje byly rozděleny na nástrojové listy zvláště pro kusovou výrobu a pro sériovou. Předpokládá se, že měřicí nástroje jsou stejné pro kusovou a sériovou výrobu. Všechny ceny nástrojů byly zjištěny z volně dostupných internetových zdrojů a mohou být použity pouze pro teoretické výpočty nákladů v této diplomové práci. Využití jednotlivých strojů a nástrojů v závislosti na operaci technologického procesu bude uvedeno ve navržených výrobních technologiích.

3 NÁVRH VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO KUSOVOU VÝROBU.

Polotovar: tyč válcovaná za tepla ČSN 42 5510, průměr $D_A = 130 \text{ mm}$, celková délka $l_s = 3 \text{ m}$, délka přířezu $l_{oD} = 112 \text{ mm}$. Výkres součásti (viz příloha 1), popis použitých strojů je uveden v kapitole 2.4.1, popis použitých nástrojů viz tab. 2.49.

Níže je uveden sled operací obrábění součásti kuličková matice (viz tab. 3.1).

Tab. 3.1 Výrobní technologie pro kusovou výrobu.

Číslo operace: Pracoviště:	Dílna:	Popis práce v operaci:
00/00 PILOUS ARG 260 plus S.A.F	Obrobna	VSTUPNÍ KONTROLA TYČE: $\varnothing 130 \pm 0,3 \text{ MM}$, DÉLKA $3000 \pm 0,5 \text{ MM}$, UPNOUT A ŘEZAT TYČ NA PŘÍŘEZY V DÉLCE 112 MM , KONTROLOVAT DÉLKU PŘÍŘEZŮ: $112 \pm 0,2 \text{ MM}$.
01/01 TRENS SN 500 SA	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST DO SKLÍČIDLA ZA $\varnothing 130 \text{ MM}$ V DÉLCE MAX. 21 MM , ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU: $L = 109,5 \pm 0,2 \text{ MM}$. HRUBOVAT Z $\varnothing 130 \text{ MM}$ NA $\varnothing 91 \text{ MM}$ V DÉLCE $87,5 \pm 0,2 \text{ MM}$. VRTAT OTVOR $\varnothing 30 \text{ MM}$ NASKRZ. HRUBOVAT Z $\varnothing 30 \text{ MM}$ NA $\varnothing 65,2 \text{ MM}$ NASKRZ, HRUBOVAT Z $\varnothing 65,2 \text{ MM}$ NA $\varnothing 71,5$ V DÉLCE $7 \pm 0,1 \text{ MM}$. SOUSTRUŽIT NA ČISTO $\varnothing 65,7^{+0,05}$ NASKRZ, Ra 1,6, SOUSTRUŽIT NA ČISTO $\varnothing 72\text{H7}$ V DÉLCE $7 \pm 0,1 \text{ MM}$ S PŘÍDAVKEM NA BROUŠENÍ, NANĚST RÝSOVACÍ RYSKY NA $\varnothing 72\text{H7}$ A NA $\varnothing 91 \text{ MM}$, PRO POLOHOVÁNÍ PŘI NÁSLEDUJÍCÍCH OPERACÍCH, KONTROLOVAT $\varnothing 65,7^{+0,05} \text{ MM}$.
02/02 TRENS SN 500 SA	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST DO SKLÍČIDLA ZA $\varnothing 91 \text{ MM}$, ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU: $L = 106,3 \pm 0,2 \text{ MM}$ S PŘÍDAVKEM NA DOKONČENÍ, SOUSTRUŽIT ČELO NA ČISTO V DÉLCE $L = 106,3 \pm 0,2 \text{ MM}$, Ra 1,6. HRUBOVAT Z $\varnothing 130 \text{ MM}$ NA $\varnothing 126 \text{ MM}$, SRAZIT HRANU $1,5 \times 45^\circ \text{ MM}$, SOUSTRUŽIT NA ČISTO $\varnothing 72^{+0,1} \text{ MM}$ V DÉLCE $7 \pm 0,1 \text{ MM}$, Ra 3,2. POLOHOVAT POMOCI POLOHOVACÍCH RYSEK, HRUBOVAT ZÁVIT K63X10, S PŘÍDAVKEM NA DOKONČENÍ, SOUSTRUŽIT NA ČISTO ZÁVIT K63X10 S PŘÍDAVKEM NA BROUŠENÍ, KONTROLOVAT ROZMĚR ZÁVITU, MÍRA PŘES KULIČKU $\varnothing 6,35$: $16,04^{+0,05} \text{ MM}$.

Tab. 3.1 Výrobní technologie pro kusovou výrobu.

03/03 TRENS SN 500 SA	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST NA ROZPÍNACÍ TRN, SOUSTRUŽIT NA ČISTO Z Ø126 MM NA Ø125 ^{+0,05} MM V DÉLCE 18,3 ± 0,1 MM. SOUSTRUŽIT NA ČISTO Z Ø91 MM NA Ø90,3 ± 0,1 MM V DÉLCE 87,5 ± 0,1 MM. SOUSTRUŽIT NA ČISTO Z Ø90,3 MM NA Ø89,6 ± 0,1 MM V DÉLCE 69,3 ± 0,1 MM. SOUSTRUŽIT NA ČISTO ČELO NA DÉLKU 87,3 ± 0,1 MM, SOUSTRUŽIT NA ČISTO ČELO PŘÍRUBY NA DÉLKU 18,3 ± 0,1 MM, SOUSTRUŽIT ZÁPICH F2,5x0,3, SRAZIT HRANU 1X45° MM, SRAZIT HRANU 0,5X45° MM, KONTROLOVAT Ø125 ^{+0,05} MM.
04/04 OPTImill F 105	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST DO SKLÍČIDLA ZA Ø125 ^{+0,05} MM, POLOHOVAT POMOCI POLOHOVACÍCH RYSEK, FRÉZOVAT OTVORY VIZ VÝKRES.
05/05 OPTImill F 105	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST NA ROZPÍNACÍ TRN, POLOHOVAT POMOCI POLOHOVACÍCH RYSEK, FRÉZOVAT DRÁŽKY 10 P9, FRÉZOVAT PLOCHY 95 ^{-0,2} MM, FRÉZOVAT PLOCHU PRO M8, VRTAT OTVOR Ø6,8 MM, ŘEZAT ZÁVIT M8, VRTAT OTVORY Ø4,5 MM, VRTAT OTVORY Ø3,3 MM, ŘEZAT ZÁVITY M4, VRTAT OTVORY Ø11 MM, VRTAT OTVOR Ø6,8 MM, ŘEZAT ZÁVIT M8.
06/06 OTK	Kontrola	KONTROLOVAT: Ø65,7 ^{+0,05} MM, ROZMĚR ZÁVITU, MÍRA PŘES KULIČKU Ø6,35: 16,04 ^{+0,05} MM, STOUPÁNÍ ZÁVITU 10 ± 0,05 MM, ZÁVITY NA KALIBRY: M4, M8, DRÁŽKY 10 P9 ^{-0,012} _{-0,021} MM
07/07 KOOPERACE	Kalírna	KALIT NA 60 -2 HRC, OČISTIT PO KALENÍ.
08/08 Bernardo URS 500 N	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST NA ROZPÍNACÍ TRN, BROUSIT Ø90 g6 ^{-0,012} _{-0,034} MM Ra 0,8, BROUSIT ČELO NA DÉLKU 105 MM, Ra 0,8, BROUSIT ČELO PŘÍRUBY NA DÉLKU 18 ± 0,2 MM, Ra 0,8, BROUSIT Ø72 H7 ^{+0,03} ₀ MM V DÉLCE 6 MM.

Tab. 3.1 Výrobní technologie pro kusovou výrobu.

09/09 MATRIX 3060 INTERNAL	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST DO SKLÍČIDLA S MĚKKÝMI ČELISTMI ZA Ø90 g6 MM, DORAZIT NA ČELO PŘÍRUBY, BROUSIT ZÁVIT K63X10, Ra 0,4.
010/010 OTK	Kontrola	CELKOVĚ KONTROLOVAT DLE VÝKRESU, CELKOVĚ KONTROLOVAT ZÁVIT K63X10 NA MĚŘICÍM PRACOVÍŠTI S MarSurf XCR 20, CELKOVÁ VIZUÁLNÍ KONTROLA. PŘÍPADNĚ SMONTOVAT S KULIČKOVÝM ŠROUBEM.
011/011 RUČNÍ PRACOVÍŠTĚ	Expedice	KONZERVOVAT A BALIT.

Detailní výrobní technologie pro kusovou výrobu včetně uvedených řezných rychlostí, otáček, posuvů, šířek záběrů a počtů záběrů v jednotlivých operacích je uvedena v příloze číslo 2. Řezné podmínky v jednotlivých operacích byli zvoleny podle doporučení výrobce nástrojů a s ohledem na možnosti zvolených strojů. V případě nemožnosti nastavit uvedenou v postupu hodnotu otáček na jednotlivém stroji, otáčky se musejí nastavit na nejbližší možnou hodnotu.

4 NÁVRH VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO SÉRIOVOU VÝROBU

Polotovar: zápusťkový výkovek ČSN 42 9030 (viz obr. 2. 2). Výkres součásti (viz příloha 1), popis použitých strojů je uveden v kapitole 2.4.2, popis použitých nástrojů viz tab. 2.50. Řezné podmínky pro jednotlivé operací (viz příloha 3). Vypočet řezných podmínek je uveden v kapitole 5.

Níže je uveden sled operací obrábění součásti kuličková matice (viz tab. 4.1).

Tab. 4.1 Sled operací pro sériovou výrobu:

Číslo operace: Pracoviště:	Dílna:	Popis práce v operaci:
00/00 RUČNÍ PRACOVISTĚ	Expedice	VSTUPNÍ KONTROLA VÝKOVKU DLE VYKRESU
01/01 OC MCV 1210	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST DO SKLÍČIDLA ZA Ø95 MM, ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU 108 MM, (PŘÍDAVEK 0,5 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ) SOUSTRUŽIT ČELO NA DÉLKU 107,5 MM HOTOVĚ, Ra 1,6, SOUSTRUŽIT Z Ø130 MM NA Ø125,6 MM V DÉLCE 19,5 MM, (PŘÍDAVEK 0,3 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ) SOUSTRUŽIT SRÁŽENÍ HRANY 1,5x45° MM, VRTAT DÍRU Ø60 MM, SOUSTRUŽIT Z Ø60 MM NA Ø64,7 MM, (PŘÍDAVEK 0,5 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ) SOUSTRUŽIT Z Ø64,7 MM NA Ø65,7 ^{+0,05} MM HOTOVĚ, Ra 1,6, SOUSTRUŽIT Z Ø65,7 MM NA Ø72 ^{+0,1} MM V DÉLCE 6,5 MM HOTOVĚ, Ra 3,2, SOUSTRUŽIT SRÁŽENÍ HRANY 1,5x45° MM, SOUSTRUŽIT HRUBOVAT ZÁVIT K63x10 (PŘÍDAVEK 0,237 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ)
02/02 OC MCV 1210	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST NA ROZPÍNACÍ TRN ZA Ø65,7 MM, ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU 105,3 MM, (PŘÍDAVEK 0,3 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ) SOUSTRUŽIT Z Ø95 MM NA Ø90,6 MM V DÉLCE 86 MM, (PŘÍDAVEK 0,3 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ) SOUSTRUŽIT ČELO PŘÍRUBY NA DÉLKU 18,3 MM, (PŘÍDAVEK 0,3 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ) SOUSTRUŽIT Z Ø90,6 MM NA Ø89,6 ± 0,1 MM V DÉLCE 69,3 MM HOTOVĚ, Ra 1,6, SOUSTRUŽIT SRÁŽENÍ HRANY 1,5x45° MM, SOUSTRUŽIT ZÁPICH F2,5x0,3, SOUSTRUŽIT Z Ø125,6 MM NA Ø125 ^{+0,05} MM V DÉLCE 18,3 MM HOTOVĚ, Ra 3,2, SOUSTRUŽIT SRÁŽENÍ HRANY 1x45° MM, SOUSTRUŽIT Z Ø65,7 MM NA Ø71,7 MM V DÉLCE 6,3 MM, (PŘÍDAVEK 0,3 MM NA PRŮMĚR NA DOKONČENÍ)

Tab. 4.1 Sled operací pro sériovou výrobu:

		FRÉZOVAT DRÁŽKY 10P9 MM, FRÉZOVAT PLOCHY NA ROZMER 95 _{-0,2} MM, FRÉZOVAT PLOCHU POD ZÁVIT M8, VRTAT OTVORY Ø6,8 MM, ŘEZAT ZÁVITY M8, VRTAT OTVORY Ø4,5 MM, VRTAT OTVORY Ø3,3 MM, ŘEZAT ZÁVITY M4, VRTAT OTVORY Ø11 MM.
03/03 OC MCV 1210	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST ZA Ø125 ^{+0,05} MM DO MĚKKÝCH ČELISTÍ, FRÉZOVAT OTVORY 12,3 ^{+0,1} x29,3 ^{+0,2} MM, KONTROLOVAT POLOHU OTVORŮ, POLOHU ZÁVITU A ROZMĚRY ZÁVITU MĚŘICÍ SONDOU.
04/04 OTK	Kontrola	CELKOVĚ KONTROLOVAT DLE VÝKRESU DĚLKA 105 MM = 105,3 ^{+0,1} MM, DĚLKA 18 MM = 18,3 ^{+0,1} MM, Ø125 _{-0,2} MM = Ø125 _{-0,05} MM, Ø90 g6 = Ø90,6 ± 0,1 MM, MÍRA PŘES KULIČKU 15,863 = 16,038 ^{+0,05} MM ČETNOST KONTROL 10 %.
05/05 KOOPERACE	Kalírna	KALIT NA 60 -2 HRC, OČISTIT PO KALENÍ.
06/06 OC Hembrug Mikroturn 500 XL	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST NA ROZPÍNACÍ TRN ZA Ø65,7 MM, SOUSTRUŽIT ČELO NA DÉLKU 105 MM, Ra 0,8, SOUSTRUŽIT ČELO PŘÍRUBY NA DÉLKU 18 MM, Ra 0,8, SOUSTRUŽIT Z Ø90,6 MM NA Ø90 g6 $\begin{matrix} -0,012 \\ -0,034 \end{matrix}$ MM V DÉLCE 15,5 MM HOTOVĚ, Ra 0,8, SOUSTRUŽIT Z Ø71,4 MM NA Ø72 H7 $\begin{matrix} +0,03 \\ 0 \end{matrix}$ MM V DÉLCE 6 MM HOTOVĚ, Ra 0,8.
07/07 OC Hembrug Mikroturn 500 XL	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST ZA Ø90 g6 MM DO MĚKKÝCH ČELISTÍ, DORAZIT NA OBROBENÉ ČELO PŘÍRUBY, POLOHOVAT SOUČÁST POMOCI MĚŘICÍ SONDY, SOUSTRUŽIT ZÁVIT K63x10 HOTOVĚ.
08/08 OTK	Kontrola	CELKOVĚ KONTROLOVAT DLE VÝKRESU, CELKOVĚ KONTROLOVAT ZÁVIT K63X10 NA MĚŘICÍM PRACOVÍŠTI S MarSurf XCR 20, CELKOVÁ VIZUÁLNÍ KONTROLA, PŘÍPADNĚ SMONTOVAT S KULIČKOVÝM ŠROUBEM.
09/09 RUČNÍ PRACOVÍŠTĚ	Expedice	KONZERVOVAT A BALIT

Detailní výrobní technologie pro sériovou výrobu včetně uvedených rezných rychlostí, otáček, posuvů, šířek záběrů a počtů záběrů v jednotlivých operacích je uvedena v příloze číslo 3. Rezné podmínky v jednotlivých operacích byli zvoleny podle doporučení výrobce nástrojů a s ohledem na možnosti zvolených strojů.

Po rozpracování výrobní technologie pro sériovou výrobu bylo rozhodnuto navrhnout podobnou výrobní technologii, ale s použitím přířezu z tyče jako polotovaru místo výkovku, pro následující porovnání a vyhodnocení účelnosti použití výkovku.

Polotovar: tyč válcovaná za tepla ČSN 42 5510, průměr $D_A = 130 \text{ mm}$, celková délka $l_s = 3 \text{ m}$, délka přířezu $l_{oD} = 112 \text{ mm}$.

Výkres součásti viz příloha 1, popis použitých strojů je uveden v kapitole 2.4.2, popis použitých nástrojů viz tab. 2.50. Řezné podmínky pro jednotlivé operaci odlišné od technologie představené v tab. 4.1 viz příloha 4. Vypočet řezných podmínek je uveden v kapitole 5.

Níže je uveden pouze částečný sled operací obrábění součásti kuličková matice. Po rozpracování technologie bylo zjištěno, že použití přířezu z tyče jako polotovaru bude mít vliv pouze na první tři operace, což je uvedeno níže viz tab. 4.2.

Tab. 4.2 Alternativní sled operací pro sériovou výrobu:

Číslo operace: Pracoviště:	Dílna:	Popis práce v operaci:
00/00 PILOUS ARG 260 plus S.A.F	Obrobna	VSTUPNÍ KONTROLA TYČE: $\varnothing 130 \pm 0,3 \text{ MM}$, DÉLKA $3000 \pm 0,5 \text{ MM}$, UPNOUT A ŘEZAT TYČ NA PŘÍŘEZY V DÉLCE 112 MM, KONTROLOVAT DÉLKU PŘÍŘEZŮ: $112 \pm 0,2 \text{ MM}$.
01/01 OC MCV 1210	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST DO SKLÍČIDLA ZA $\varnothing 130 \text{ MM}$, ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU 108 MM, (PŘÍDAVEK 0,5 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ) SOUSTRUŽIT ČELO NA DÉLKU 107,5 MM HOTOVĚ, Ra 1,6, SOUSTRUŽIT Z $\varnothing 130 \text{ MM}$ NA $\varnothing 125,6 \text{ MM}$ V DÉLCE 19,5 MM, (PŘÍDAVEK 0,3 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ) SOUSTRUŽIT SRÁŽENÍ HRANY $1,5 \times 45^\circ \text{ MM}$, VRTAT DÍRU $\varnothing 60 \text{ MM}$, SOUSTRUŽIT Z $\varnothing 60 \text{ MM}$ NA $\varnothing 64,7 \text{ MM}$, (PŘÍDAVEK 0,5 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ) SOUSTRUŽIT Z $\varnothing 64,7 \text{ MM}$ NA $\varnothing 65,7^{+0,05} \text{ MM}$ HOTOVĚ, Ra 1,6, SOUSTRUŽIT Z $\varnothing 65,7 \text{ MM}$ NA $\varnothing 72^{+0,1} \text{ MM}$ V DÉLCE 6,5 MM HOTOVĚ, Ra 3,2. SOUSTRUŽIT SRÁŽENÍ HRANY $1,5 \times 45^\circ \text{ MM}$, SOUSTRUŽIT HRUBOVAT ZÁVIT K63x10 (PŘÍDAVEK 0,237 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ)
02/02 OC MCV 1210	Obrobna	UPNOUT SOUČÁST NA ROZPÍNACÍ TRN ZA $\varnothing 65,7 \text{ MM}$, ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU 105,3 MM, (PŘÍDAVEK 0,3 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ) SOUSTRUŽIT Z $\varnothing 130 \text{ MM}$ NA $\varnothing 90,6 \text{ MM}$ V DÉLCE 86 MM, (PŘÍDAVEK 0,3 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ) SOUSTRUŽIT ČELO PŘÍRUBY NA DÉLKU 18,3 MM, (PŘÍDAVEK 0,3 MM NA STĚNU NA DOKONČENÍ) SOUSTRUŽIT Z $\varnothing 90,6 \text{ MM}$ NA $\varnothing 89,6 \pm 0,1 \text{ MM}$ V DÉLCE 69,3 MM HOTOVĚ, Ra 1,6,

Tab. 4.2 Alternativní sled operací pro sériovou výrobu:

		SOUSTRUŽIT SRÁŽENÍ HRANY 1,5x45° MM, SOUSTRUŽIT ZÁPICH F2,5x0,3, SOUSTRUŽIT Z Ø125,6 MM NA Ø125 ^{+0,05} MM V DÉLCE 18,3 MM HOTOVĚ, Ra 3,2, SOUSTRUŽIT SRÁŽENÍ HRANY 1x45° MM, SOUSTRUŽIT Z Ø65,7 MM NA Ø71,7 MM V DÉLCE 6,3 MM, (PŘÍDAVEK 0,3 MM NA PRŮMĚR NA DOKONČENÍ)
--	--	---

DÁLE POSTUP POKRAČUJE STEJNĚ JAKO V TAB. 4.1.

Detailní alternativní výrobní technologie pro sériovou výrobu včetně uvedených rezných rychlostí, otáček, posuvů, šířek záběrů a počtů záběrů v jednotlivých operacích je uvedena v příloze číslo 4. Rezné podmínky v jednotlivých operacích byli zvoleny podle doporučení výrobce nástrojů a s ohledem na možnosti zvolených strojů.

Porovnání variant a vyhocení dosažených výsledků je uvedeno v kapitolách 5.5 a 6.

5 VÝPOČET ŘEZNÝCH PODMÍNEK

5.1 Soustružení

Při soustružení hlavní rotační pohyb vykonává obrobek. Vedlejší pohyb vykonává nástroj. Řezná rychlost při soustružení je závislá na průměru obrobku a otáčkách obrobku. Pro výpočet řezných podmínek pro operace soustružení byli použity následující vztahy [8, 14, 30, 31]:

- Řezná rychlost při soustružení (5.1):

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} [m \cdot min^{-1}] \quad (5.1)$$

- Otáčky obrobku (5.2):

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} [min^{-1}] \quad (5.2)$$

- Jednotkový strojní čas (5.3):

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} [min] \quad (5.3)$$

- Dráha nástroje ve směru posuvu (5.4):

$$L = l + l_n + l_p [mm] \quad (5.4)$$

Při soustružení závitu posuv nástroje na otáčku obrobku se rovná stoupání soustruženého závitu. Pro kinematiku soustružení závitu na hrotovém univerzálním soustruhu (viz obr 5.1) platí následující vztahy [8, 14, 30, 31]:

- Posuvová rychlost (5.5):

$$v_f = n_o \cdot s_o = n_s \cdot s_s [mm \cdot min^{-1}] \quad (5.5)$$

5.2 Frézování

Při frézování hlavní pohyb vykonává fréza. Vedlejší pohyb vykonává obrobek. Řezná rychlost při frézování je závislá na průměru frézy a otáčkách frézy. Pro výpočet řezných podmínek pro operace frézování byli použity následující vztahy [8, 14, 30, 31]:

- Řezná rychlost při frézování (5.7):

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_f \cdot n_f}{1000} [m \cdot min^{-1}] \quad (5.7)$$

- Posuvová rychlost při frézování (5.8):

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n_f [mm \cdot min^{-1}] \quad (5.8)$$

- Otáčky frézy (5.9):

$$n_f = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D_f} [\text{min}^{-1}] \quad (5.9)$$

- Jednotkový strojní čas (5.10):

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{v_f} [\text{min}] \quad (5.10)$$

- Dráha nástroje ve směru posuvu (5.11):

$$L = l + l_n + l_p + l_{nf} [\text{mm}] \quad (5.11)$$

5.3 Vrtání

Řezná rychlost při vrtání je závislá na průměru vrtáku a otáčkách vrtáku. Pro výpočet řezných podmínek pro operace vrtání byli použity následující vztahy [8, 14, 30, 31]:

- Řezná rychlost při vrtání (5.12):

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_v \cdot n_v}{1000} [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (5.12)$$

- Posuvová rychlost při vrtání (5.13):

$$v_f = f \cdot n [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (5.13)$$

- Otáčky vrtáku (5.14):

$$n_v = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D_v} [\text{min}^{-1}] \quad (5.14)$$

- Jednotkový strojní čas dle vztahu (5.8)
- Dráha nástroje ve směru posuvu dle vztahu (5.4)

5.4 Broušení

Pohyby a rychlosti pohybů při broušení jsou definovány na základě charakteristik jednotlivých způsobů broušení. Při návrhu výrobního procesu bylo zjištěno, že budou použity následující způsoby broušení: obvodové zapichovací broušení, čelní zapichovací broušení, obvodové vnitřní zapichovací broušení a tvarové broušení závitů. Pro výpočet řezných podmínek pro operace vrtání byli použity následující vztahy [8, 14, 12, 31]:

- Řezná rychlost při broušení (5.15):

$$v_c = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_s}{60 \cdot 1000} [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (5.15)$$

- Obvodová rychlost obrobku (5.16):

$$v_w = \frac{\pi \cdot d_w \cdot n_w}{1000} [m \cdot min^{-1}] \quad (5.16)$$

- Jednotkový strojní čas dle vztahu (5.17):

$$t_{AS} = \frac{l_a}{f_a \cdot n_w} \cdot \frac{p}{2 \cdot f_r} [min] \quad (5.17)$$

- Dráha nástroje ve směru posuvu dle vztahu (5.18):

$$l_a = 2 \cdot l_{na} + l_w + \frac{b_s}{2} [mm] \quad (5.18)$$

Příklad výpočtu řezných podmínek pro broušení vnitřního zavitu (5.19 – 5.23):

$$v_c = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_s}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 48,8000}{60 \cdot 1000} = 20 [m \cdot s^{-1}] \quad (5.19)$$

$$v_w = \frac{\pi \cdot d_w \cdot n_w}{1000} = \frac{\pi \cdot 68,2 \cdot 20}{1000} = 4,28 [m \cdot min^{-1}] \quad (5.20)$$

$$l_a = 2 \cdot l_{na} + l_w + \frac{b_s}{2} = 2 \cdot 2,3 + 100 + \frac{7}{2} = 109,5 [mm] \quad (5.21)$$

$$t_{AS} = \frac{2 \cdot l_a}{f_a \cdot n_w} \cdot \frac{p}{f_r} = \frac{2 \cdot 109,5}{10,20} \cdot \frac{0,17}{0,01} = 18,615 [min] \text{ pro hrubování} \quad (5.22)$$

$$t_{AS} = \frac{2 \cdot l_a}{f_a \cdot n_w} \cdot \frac{p}{f_r} = \frac{2 \cdot 109,5}{10,20} \cdot \frac{0,005}{0,001} = 5,475 [min] \text{ pro dokončení} \quad (5.23)$$

Všechny symboly a zkratky, které jsou použity v celé práci, jsou shrnuty na konci práce.

5.5 Strojní čas

Výsledný strojní čas pro kusovou výrobu je uveden v tab. 5.1

Tab. 5.1 Strojní čas pro kusovou výrobu.

Název stroje	Strojní čas na výrobu jednoho kusu [min]	Strojní čas na výrobu dávky 450 kusů [hod]
PILOUS ARG 260 plus S.A.F	3,9	30
TRENS SN 500 SA	11,4	86
OPTImill F 105	7,9	60
Bernardo URS 500 N	1,4	11
MATRIX 3060 INTERNAL	31,8	239
Výroba jednoho kusu:	56,4 [min]	
Výroba dávky 450 kusů:	426 [hod]	

Výsledný strojní čas pro sériovou výrobu je uveden v tab. 5.2

Tab. 5.2 Strojní čas pro sériovou výrobu.

Název stroje	Strojní čas na výrobu jednoho kusu [min]	Strojní čas na výrobu dávky 450 kusů [hod]
MCV 1210	11,3	86
OC Hembrug Mikroturn 500 XL	2,4	18
Výroba jednoho kusu:	13,7 [min]	
Výroba dávky 450 kusů:	104 [hod]	

Výsledný strojní čas pro alternativní sériovou výrobu je uveden v tab. 5.3

Tab. 5.3 Strojní čas pro sériovou výrobu.

Název stroje	Strojní čas na výrobu jednoho kusu [min]	Strojní čas na výrobu dávky 450 kusů [hod]
PILOUS ARG 260 plus S.A.F	3,9	30
MCV 1210	12,4	93
OC Hembrug Mikroturn 500 XL	2,4	18
Výroba jednoho kusu:	18,7 [min]	
Výroba dávky 450 kusů:	141 [hod]	

6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

Následující část práce se bude tykat především výpočtu výrobních nákladů.

Celkové operační výrobní náklady na 1 kus se vyjádří vztahem (6.1) [14, 30, 32-36]:

$$N_V = N_S + N_N + N_v \text{ [CZK]} \quad (6.1)$$

Zahrnuté jednotlivé veličiny se dá spočítat dle následujících vztahů [30, 32-35]:

- Náklady na strojní práce (6.2):

$$N_S = t_{AS} \cdot N_{sm} \text{ [CZK]} \quad (6.2)$$

- Minutová sazba stroje (6.3):

$$N_{sm} = \frac{N_{sn}}{60} \text{ [CZK/min]} \quad (6.3)$$

- Hodinová sazba stroje (6.4):

$$N_{sn} = S_f + \frac{C_s}{T \cdot E_p} \text{ [CZK/hod]} \quad (6.4)$$

- Roční efektivní fond ručního pracovníka (6.5):

$$E_r = (K_c - S - N - S_v) \cdot 8 \text{ [hod/rok]} \quad (6.5)$$

- Roční efektivní fond ručního pracovníka (6.6):

$$E_s = E_r - (0,1 \cdot E_r) \text{ [hod/rok]} \quad (6.6)$$

- Roční efektivní fond ručního pracovníka (6.7):

$$E_p = E_r - (D + N) \cdot 8 \text{ [hod/rok]} \quad (6.7)$$

- Náklady na nástroj a jeho výměnu (6.8):

$$N_N = \frac{N_T}{Q_T} = \frac{N_T \cdot \lambda \cdot t_{AS}}{T} \text{ [CZK]} \quad (6.8)$$

6.1 Náklady na strojní práce

Pro výpočet hodinové sazby strojů potřebujeme následující hodnoty [14, 30, 32-36]:

- fixní hodinovou spotřebu S_f do které je zahrnuta mzda pracovníka a spotřeba elektrické energie,
- cenu pořízení stroje C_s do které je zahrnuta nákupní cena samotného stroje a potřebného vybavení a předpokládaná částka na dovoz, opravu a údržbu,
- roční efektivní fond pracovníka E_p do kterého jsou zahrnuty vedlejší časy a koeficienty časového využití stroje,

- doba odpisování T je stanovena na 5 let.

Hodinová sazba strojů včetně potřebných hodnot je uvedena v tab. 6.1:

Tab. 6.1 Hodinová sazba strojů.

Název stroje	C_s [CZK]	S_f [CZK/hod]	E_p [hod/rok]	Hodinová sazba [CZK/hod]
PILOUS ARG 260 plus S.A.F	205000	200	960	243
TRENS SN 500 SA	1560000	200	960	525
OPTImill F 105	1320000	220	1284	426
Bernardo URS 500 N	756000	200	960	357
MATRIX 3060 INTERNAL	2760000	220	1284	650
MCV 1210	1700000	260	1284	525
Hembrug Mikrotorn 500 XL	3500000	260	1284	806

Náklady na strojní práce N_s pro kusovou a obě sériové výroby včetně potřebných hodnot jsou uvedeny v tab. 6.2:

Tab. 6.2 Náklady na strojní práce.

Název stroje	Strojní čas na výrobu dávky 450 kusů [hod]	Hodinová sazba [CZK/hod]	Náklady na strojní práce [CZK]
Kusová výroba:			
PILOUS ARG 260 plus S.A.F	30	243	7290
TRENS SN 500 SA	86	525	45150
OPTImill F 105	60	426	25560
Bernardo URS 500 N	11	357	3927
MATRIX 3060 INTERNAL	239	650	155350
Celkem	426	-	237277
Sériová výroba:			
MCV 1210	86	525	45150
Hembrug Mikrotorn 500 XL	18	806	14508
Celkem	104	-	59658
Alternativní sériová výroba:			
PILOUS ARG 260 plus S.A.F	30	243	7290
MCV 1210	93	525	48825
Hembrug Mikrotorn 500 XL	18	806	14508
Celkem	141	-	70623

6.2 Náklady na nástroje

Pro výpočet nákladů na nástroj N_N a jeho výměnu budou použité hodnoty životnosti nástrojů které uvádí výrobce. Výpočet bude pouze teoretický, pro přesnější výpočet a pro použití výsledků v praxi bude potřeba prozkoumat životnost jednotlivých nástrojů a její závislost na řezných podmínkách. Použité nástroje a jejich ceny jsou uvedeny v tab. 2.49, 2.50, 2.51. Při prozkoumání nabídek od firmy SANDVIK bylo zjištěno, že minimální počet balení pro destičky ze slinutého karbidu je 10 kusu, z kubického nitridu boru je 5 ks, takový počet destiček pokrývá teoreticky potřebný. V tab. 6.3 je uveden počet potřebných nástrojů pro kusovou výrobu a výsledná cena jednotlivých nástrojů na celou výrobní dávku.

Tab. 6.3 Počet potřebných nástrojů na dávku pro kusovou výrobu.

Označení nástroje	Potřebný počet [ks]	Cena na výrobní dávku [CZK]
DCLNR 2525M 19	1	2385
CNMG 19 06 16-PR 4335	10	6990
PDJNR 1616H 11	1	4470
DNMG 11 04 04-PM 4335	10	3330
E20S-SCLCR 09-R	2	30310
CCMT 09 T3 12-PR 4325	10	2550
CCMT 09 T3 08-PF 4325	10	2550
RAG123J08-25B	1	5990
N123J2-0600-RO 1125	10	9280
880-D3000L32-04	1	14455
880-06 04 W10H-P-GR 4344	10	4370
880-06 04 06H-C-GR 1044	10	4370
860.1-1100-037A0-PM 4234	1	3970
860.1-0680-024A0-PM 4234	1	2405
860.1-0450-027A0-PM 4234	1	2455
860.1-0330-029A1-PM 4234	1	4620
EP09PM8	1	1675
EP09PM4	1	1380
2S342-0953-038-PA 1730	2	6580
T1 350x40x127 454A60J10V40	1	5014
T5 63x50x20 32x32 5SG60LVS	2	1594
1A1 48x7x5 B76C100V27N	1	3630
Pevný orovnávač 8x100	1	2865
MARCAL 16	5	19300
MARCAL 30 EWRI-D	2	35270
MICROMAR 40 EWR 75-100	1	9064
MICROMAR 40 EWR 100-125	1	10025
MARSTAND 815 MA	5	56930
MICROMAR 44 EWR 60-70	1	40277
MICROMAR 44 EWR 70-85	1	40505
MARSTAND 107 MH	1	22153
Celkem: 360762 CZK		

V tab. 6.4 je uveden počet potřebných nástrojů pro sériovou výrobu a výsledná cena jednotlivých nástrojů na celou výrobní dávku.

Tab. 6.4 Počet potřebných nástrojů na dávku pro sériovou výrobu.

Označení nástroje	Potřebný počet [ks]	Cena na výrobní dávku [CZK]
DCLNR 2525M 19	1	2385
CNMG 19 06 08-PM 4315	10	6990
PDJNR 1616H 11	2	8940
DNMG 11 04 04-PM 4335	10	3330
DNGA110412S01030A 7015	5	14750
DCKNR 2020K 12	3	6780
CNGA120416S02035F 7125	5	10450
E20S-SCLCR 09-R	3	30310
CCMT 09 T3 12-PR 4325	10	2550
CCMT 09 T3 08-PF 4325	10	2550
CCGW09T304S01020F 7125	5	7800
RAG123J08-25B	2	11980
N123J2-0600-RO 1125	10	9380
N123J1-0635-RE 7015	5	14225
880-D6000L40-02	1	16615
880-09 06 W12H-P-GR 4344	10	5160
880-09 06 08H-C-GR 1044	10	5160
860.1-1100-037A0-PM 4234	1	3970
860.1-0680-024A0-PM 4234	1	2405
860.1-0450-027A0-PM 4234	1	2455
860.1-0330-029A1-PM 4234	1	4620
EP09PM8	1	1675
EP09PM4	1	1380
2S342-0953-038-PA 1730	2	6580
MARCAL 16	2	7720
MARCAL 30 EWRI-D	1	17635
MICROMAR 40 EWR 75-100	1	9064
MICROMAR 40 EWR 100-125	1	10025
MICROMAR 44 EWR 60-70	1	40277
MICROMAR 44 EWR 70-85	1	40505
MARSTAND 107 MH	1	22153
Celkem: 329819 CZK		

Počet potřebných nástrojů pro alternativní sériovou výrobu se přijímá jako stejný počtu nástrojů pro sériovou výrobu, celkové náklady na nástroje budou srovnatelné.

6.3 Náklady na polotovary

Náklady na polotovar N_p jsou uvedeny v kapitole 2.2.3, výsledné shrnutí je ukázáno v tab. 6.5

Tab. 6.5 Náklady na polotovary.

Polotovar	Cena za kus [CZK]	Cena za 450 kusů [CZK]
Přířez z týče	518	233100
Výkovek	784	352800

6.4 Náklady na vedlejší práce

Náklady na vedlejší práce se skládají z času nepravidelné obsluhy a času za klidu stroje. Do nich například patří upínání a odepínání obrobku nebo měření součástí. V rámci této diplomové práce časy na vedlejší práce obsluhy strojů byli zahrnuté do strojních časů t_{AS} viz tab. 5.1 a 5.2 a to zvýšením spočítaných strojních časů o 20% a násobením o koeficient směnového času $k_c = 1,1$. Pro přesnější výpočty a pro použití výsledků v praxi bude potřeba prozkoumat jednotlivé pracoviště a vyhodnotit výsledné časy na vedlejší operací [14, 30, 32-36].

6.5 Celkové výrobní náklady

Do celkových výrobních nákladů patří spočítané náklady na práci stroje, náklady na vedlejší práce, náklady na nástroje a náklady na materiál. V průběhu navrhování výrobního procesu bylo zvoleno, že kalení kusů bude probíhat v kooperaci v jiné firmě. Vzhledem k tomu, že součástky posílané do kooperace, jsou skoro stejné, dá se předpokládat, že náklady na kooperaci jsou taky stejné, proto nebudou započítané do celkových nákladů. Do celkových nákladů nebudou započítané i náklady na práce oddělení kontroly kvality a expedice, a to za předpokladu, že budou velmi podobné. Náklady na mazání také nejsou započítané, za předpokladu, že jsou moc malé, aby výrazně ovlivnili výsledky. Náklady na MARSURF XCR 20 pracoviště na měření drsnosti a kontur nejsou započítány do celkových nákladů, protože se používají ve všech návrzích.

Celkové výrobní náklady pro kusovou výrobu, při výrobě dávky 450 kusů jsou spočítané dle vztahu (6.9) [30, 32-36]:

$$N_{V1} = N_{s1} + N_{N1} + N_{p1} = 237277 + 360762 + 233100 = 831139 \text{ [CZK]} \quad (6.9)$$

Celkové výrobní náklady pro sériovou výrobu, při výrobě dávky 450 kusů jsou spočítané dle vztahu (6.10) [30, 32-36]:

$$N_{V2} = N_{s2} + N_{N2} + N_{p2} = 59658 + 329819 + 352800 = 742277 \text{ [CZK]} \quad (6.10)$$

Celkové výrobní náklady pro alternativní sériovou výrobu, při výrobě dávky 450 kusů jsou spočítané dle vztahu (6.11) [30, 32-36]:

$$N_{V3} = N_{s3} + N_{N3} + N_{p3} = 70653 + 329819 + 233100 = 633572 \text{ [CZK]} \quad (6.11)$$

6.6 Fixní náklady

Do fixních nákladů patří zejména: odpisy, splátky úvěrů, leasingy, pronájem, daně.

Odpisy strojů pro dobu odpisování 5 let jsou uvedené v tab. 6.6

Tab. 6.6 Odpisy strojů.

Název stroje	C_s [CZK]	Odpisy [%]	Odpisy [CZK/rok]
Kusová výroba:			
PILOUS ARG 260 plus S.A.F	205000	20	41000
TRENS SN 500 SA	1560000	20	312000
OPTImill F 105	1320000	20	264000
Bernardo URS 500 N	756000	20	151200
MATRIX 3060 INTERNAL	2760000	20	552000
Celkem			1320200
Sériová výroba:			
MCV 1210	1700000	20	340000
Hembrug Mikrotorn 500 XL	3500000	20	700000
Celkem			1040000
Alternativní sériová výroba:			
PILOUS ARG 260 plus S.A.F	205000	20	41000
MCV 1210	1700000	20	340000
Hembrug Mikrotorn 500 XL	3500000	20	700000
Celkem			1081000

Cena pronájmu budovy pro kusovou výrobu o ploše 300 m² při ceně najmu 150 CZK/m² se rovná 540000 CZK/rok.

Cena pronájmu budovy pro sériovou výrobu o ploše 500 m² při ceně najmu 150 CZK/m² se rovná 900000 CZK/rok.

Předpokládá se, že další neznámé složky fixních nákladů jako například mzdy administrativního aparátu, spotřeba vody, úhrady za služby a další zvyšují fixní náklady o 30%. Výsledné fixní náklady jsou představené v tab. 6.7.

Tab. 6.7 Fixní náklady.

Výroba	Odpisy [CZK]	Pronájem [CZK]	Ostatní [CZK]	Celkem [CZK/rok]
Kusová výroba	1320200	540000	558060	2418260
Sériová výroba	1040000	900000	582000	2522000
Alternativní sériová výroba	1081000	900000	594300	2575300

6.7 Celkové náklady

Z důvodu zahrnutí celkových cen pořízení strojů do variabilních nákladů, přesněji do nákladů na práce stroje viz tab. 6.1 a z předpokladu, že firma má nehomogenní produkci nelze do celkových nákladů započítat celé výsledné fixní náklady z tab. 6.7. V dané práci v rámci výpočtu celkových nákladů do složky fixních nákladů bude započítána pouze teoretická hodnota zjištěna vynásobením součtu nákladů na pronájem a ostatních fixních nákladů (viz tab. 6.7) o koeficient 0,2. Jinými slovy teoretická hodnota fixních nákladů se bude rovnat 20% od součtu nákladů na pronájem a ostatních fixních nákladů. Jednotlivé složky celkových nákladů potřebné pro zpracování nákladových funkcí jsou uvedeny dále.

Fixní náklady FN_1 pro kusovou výrobu: 219612 [CZK/rok]

Variabilní náklady N_{V_1} pro kusovou výrobu: 831139 [CZK/dávka]

Jednotkové variabilní náklady $N_{V_{1ks}}$ pro kusovou výrobu: 1847 [CZK/kus]

Celkové náklady pro kusovou výrobu se dá vyjádřit následujícím vztahem (6.12):

$$N_{c1} = FN_1 + Q \cdot N_{V_{1ks}} = 219612 + Q \cdot 1847 \text{ [CZK]} \quad (6.12)$$

Fixní náklady FN_2 pro sériovou výrobu: 296400 [CZK/rok]

Variabilní náklady N_{V_2} pro sériovou výrobu: 742277 [CZK/dávka]

Jednotkové variabilní náklady $N_{V_{2ks}}$ pro sériovou výrobu: 1650 [CZK/kus]

Celkové náklady pro sériovou výrobu se dá vyjádřit následujícím vztahem (6.13):

$$N_{c2} = FN_2 + Q \cdot N_{V_{2ks}} = 296400 + Q \cdot 1650 \text{ [CZK]} \quad (6.13)$$

Fixní náklady FN_3 pro alternativní sériovou výrobu: 2575300 [CZK/rok]

Variabilní náklady N_{V_3} pro alternativní sériovou výrobu: 633572 [CZK/dávka]

Jednotkové variabilní náklady $N_{V_{3ks}}$ pro sériovou výrobu: 1408 [CZK/kus]

Celkové náklady pro sériovou výrobu se dá vyjádřit následujícím vztahem (6.14):

$$N_{c3} = FN_3 + Q \cdot N_{V_{3ks}} = 298860 + Q \cdot 1408 \text{ [CZK]} \quad (6.14)$$

6.8 Určení kritického množství

Pro určení kritického množství budou použity vztahy (6.12, 6.13 a 6.14)

Výsledné nákladové funkce viz vztahy (6.15 až 6.17):

$$N_{c1} = 219612 + 1847 \cdot Q \quad (6.15)$$

$$N_{c2} = 296400 + 1650 \cdot Q \quad (6.16)$$

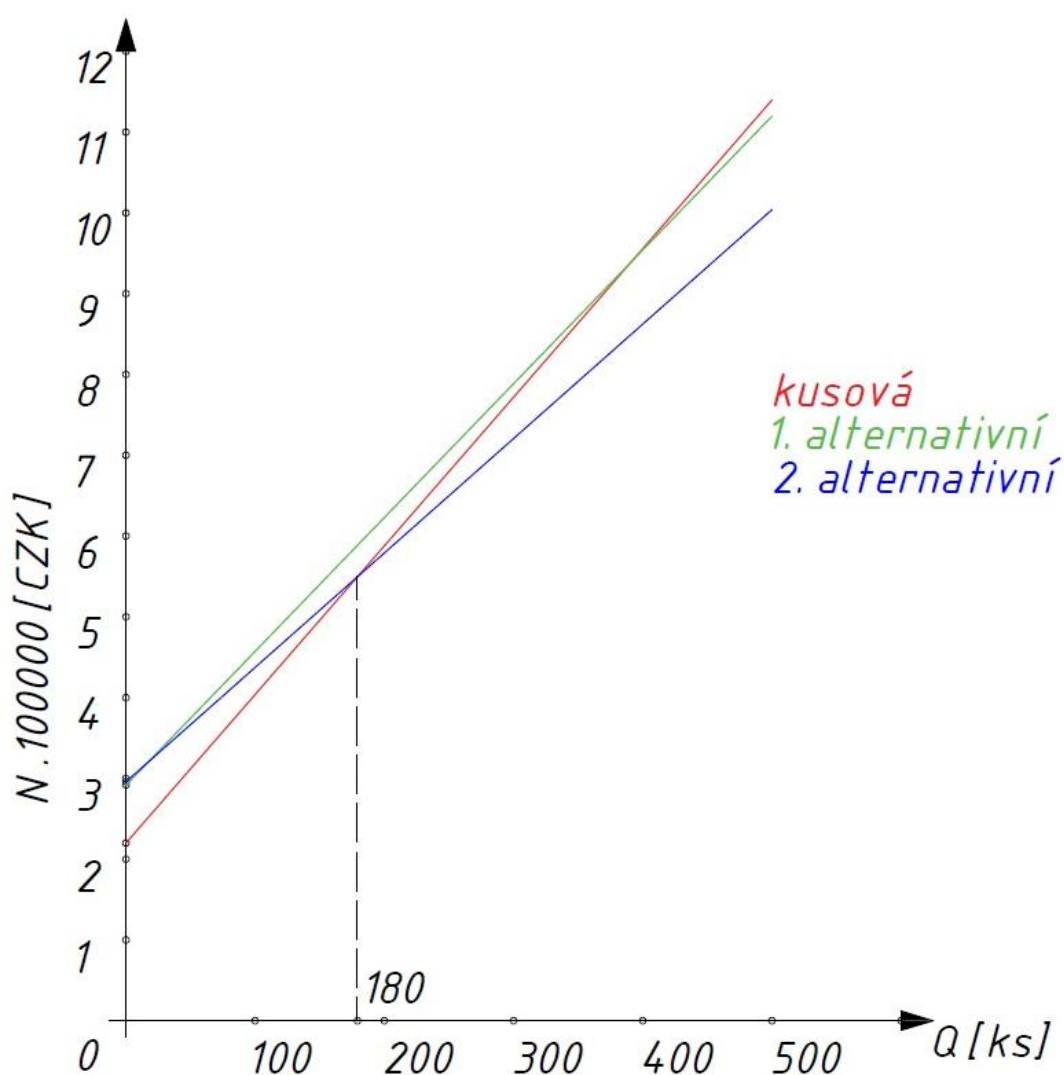
$$N_{c3} = 298860 + 1408 \cdot Q \quad (6.17)$$

Navržená výrobní technologie pro kusovou výrobu v porovnání se sériovou se vyplatí pouze při výrobě 390 a méně kusů. V porovnání s alternativní sériovou se vyplatí pouze při výrobě 180 a méně kusů.

Navržená výrobní technologie pro sériovou výrobu v porovnání s alternativní sériovou výrobou se vyplatí pouze při výrobě 10 a méně kusů, ale při tomto počtu kusů, bude dražší než kusová výroba.

Z výpočtů vyplývá, že při výrobě 180 a méně kusů, je výhodnější použít navrženou technologii pro kusovou výrobu, při výrobě 181 a více kusů je výhodnější použít navrženou technologii pro alternativní sériovou výrobu. V těchto podmínkách je zřejmé, že použití výkovku, jako polotvaru se za tuto cenu nevyplatí.

Výsledky jsou znázorněny graficky viz obr. 6.1.



Obr. 6.1 Nákladové funkce: kusová výroba, 1. alternativní je sériová výroba, 2. alternativní je alternativní sériová.

7 ZÁVĚR

Na základě výkresu součástky kuličkové matice byly navrženy výrobní technologie. Proto byl zjištěn účel součásti ve strojní jednotce, provedena analýza podobných výrobních procesů, provedena analýza výkresu součásti, byly navrženy různé výrobní technologie, jejichž základní rozdíly jsou:

- návrh polotovaru,
- návrh strojů a zařízení,
- návrh způsobů dokončení.

Následně byly formulovány a vyřešeny potřebné technologické úlohy, například výpočet rezných podmínek, strojních časů, nákladů a bylo zjištěno:

- při návrhu přířezu z tyče jako polotovaru koeficient využití materiálu je $k_{mA} = 14\%$,
- při návrhu výkovku jako polotovaru koeficient využití materiálu je $k_{mB} = 40\%$,
- vypočítaný strojní čas na dokončení závitu broušením je $t_{AS} = 31,8 \text{ min}$,
- vypočítaný strojní čas na dokončení závitu soustružením po kalení je $t_{AS} = 0,42 \text{ min}$,
- celkový strojní čas na výrobu jedné součásti se rovná $56,4 \text{ min}$ při využití technologie pro kusovou výrobu,
- celkový strojní čas na výrobu jedné součásti se rovná $13,7 \text{ min}$ při využití technologie pro sériovou výrobu,
- celkový strojní čas na výrobu jedné součásti se rovná $18,7 \text{ min}$ při využití technologie pro alternativní sériovou výrobu,
- při výrobě více než 181 ks bude výhodnější použít technologii pro alternativní sériovou výrobu.
- za výrobních podmínek navržených v této práci, nedoporučuje se použití výkovku jako polotovaru.

Vzhledem k dosaženým výsledkům se doporučuje využívat výhody soustružení pro operace dokončení po kalení. Dalším doporučením je provádění zefektivnění výrobních časů především prozkoumáním vedlejších časů na jednotlivých pracovištích. Další doporučení je modelování výrobní technologie v CAD programu pro zjištění přesnějších výrobních časů a možných problémů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. BAJKOV, B.A., KLYPIN, A.V., LĚLIKOV, O.P. [i dr.]. *Atlas konstrukcij uzlov i detalěj mašin*, řed. RJACHOVSKIJ, O.A., LĚLIKOV O.P. – 2-ě izd. přerab. i dop. Moskva: Izdatělstvo MGTU im. N.E. Baumana, 2009. 398 s. ISBN 978-5-7038-3282-0.
2. RUSAVSKIJ, J.P., SOBOLĚVA, N.V. a ŠKAPĚNJUK, M.B. *Těchnologija proizvodstva šarikovych přeradač vint-gajka kačěnija*. M.: Mašinostroěniě, 1985. 125 s.
3. MAREK, J. *Kuličkové šrouby a matice ve stavbě CNC obráběcích strojů, část 2*. MM Průmyslové spektrum. Praha, 2015, 10-11. ISSN 1212-2572.
4. MAREK, J. *Kuličkové šrouby a matice ve stavbě CNC obráběcích strojů, část 3*. MM Průmyslové spektrum. Praha, 2015, 50-51. ISSN 1212-2572.
5. *KSK-PM.RU* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <https://www.ksk-pm.ru/sharikovintovye-pary/tipovoi-rjad-gaek>
6. MAREK, J. *Kuličkové šrouby a matice ve stavbě CNC obráběcích strojů, část 5*. MM Průmyslové spektrum. Praha, 2015, 50-51. ISSN 1212-2572.
7. *SANDVIK.COROMANT.COM* [online]. [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/threading/thread-turning/pages/how-to-choose-infeed-method-in-thread-turning-operations.aspx>
8. HUMÁR, A. *Technologie I technologie obrábění – 2. část* 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 94 s.
9. *SANDVIK.COROMANT.COM* [online]. [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/milling/pages/groove-or-slot-milling.aspx>
10. ČSN 41 4109, *OCEL 14 109 chromová*. [Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření], 1978.
11. *METALLICHECKIY-PORTAL.RU* [online]. [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/sti/9XS
12. HUMÁR, A. *Technologie I technologie obrábění – 3. část* 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 57 s.
13. *ENGINEERING.SK* [online]. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <https://www.engineering.sk/strojarstvo-extra/3843-technologie-tvrdeho-obrabeni-pri-vyrobe-kulickovych-sroubu?fbclid=IwAR05m9uEjyfr8o1ejzbzrGMtkq3TI3C0wXEUNeajFty6xMoX8L3Z2x-oF0I>
14. ZEMČÍK, O. *Technologické procesy* [online]. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TechnProcesy.pdf>
15. KRASILNIKOV, B., RACHIMJANOV, CH., MARTYNOV, E. *Těchnologija mašinostrojenija – 3-ě izd.* Moskva: Izdatělstvo JURAJT, 2018. 252 s. ISBN 978-5-534-04381-5.

16. BRYCHTA, J., ČEP, R., PETRŮ, J. *Výrobní stroje obráběcí* [online]. [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/346/cs/studium/studijni-literatura/VSO.pdf>
17. BOJARSKIJ, L.T., KORŠIKOV, N.P. *Těchnologija stankostrojenija*. Sverdlovsk: Mašgiz, 1959. 372 s.
18. FIPAS.CZ [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.fipas.cz/pilous-arg-260-plus-saf-pasova-pila-na-kov>
19. TSTSERVIS.CZ [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.tstservis.cz/obrabeci-stroje/soustruhy/univerzalni-hrotove-soustruhy/trens-sn-500-sa/>
20. SVÁŘEČKY-OBCHOD.CZ [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.svarecky-obchod.cz/kovoobrabeci-stroje/cnc-frezky/14249-cnc-frezka-optimill-f-105.htm>
21. BERNARDO.AT [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.bernardo.at/cz/urs-500-n.html>
22. DOMINIK-CHEL.RU [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <http://dominik-chel.ru/catalog/show?name=matrix-3060-internal>
23. TAJMAC-ZPS.CZ [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.tajmac-zps.cz/mcv-1210>
24. HEMBRUG.COM [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.hembrug.com/machine/mikroturn-500-xl/>
25. KITAGAWA.GLOBAL [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.kitagawa.global/en/products>
26. SANDVIK.COROMANT.COM [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/pages/tools.aspx>
27. PRODEJBRUSIVA.CZ [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.prodejbrusiva.cz/brusivo-TYROLIT>
28. DIAPRAHA.CZ [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <http://www.diapraha.cz/brousici-nastroje>
29. MAHR.COM [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.mahr.com/cs/Produkty-a-slu%C5%BEby/V%C3%BDrobn%C3%AD-m%C4%9B%C5%99ic%C3%AD-technika/Produkty/>
30. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 226 s. ISBN 80-214-2374-9.
31. HUMÁR, A. *Technologie I technologie obrábění – 1. část* 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. 138 s.
32. MÁDL, Jan a Ivo KVASNIČKA. *Optimalizace obráběcího procesu*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, 1998, 168 s. ISBN 80-010-1864-4.

33. HULVEJ, Matúš. Návrh výrobní technologie ozubeného hřídele převodovky. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 66 s.
34. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Výrobní technologie II: [obrábění]*. Brno: CERM, 2002, 83 s. ISBN 80-214-2189-4.
35. KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. *Technologické projekty a manipulace s materiálem*. Vydání první. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o, 2015, 183 stran. ISBN 978-8-02145260-2.
36. ŠIKULA, Josef. Optimalizace operačních nákladů obráběcího procesu. Brno 2017. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 75 s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

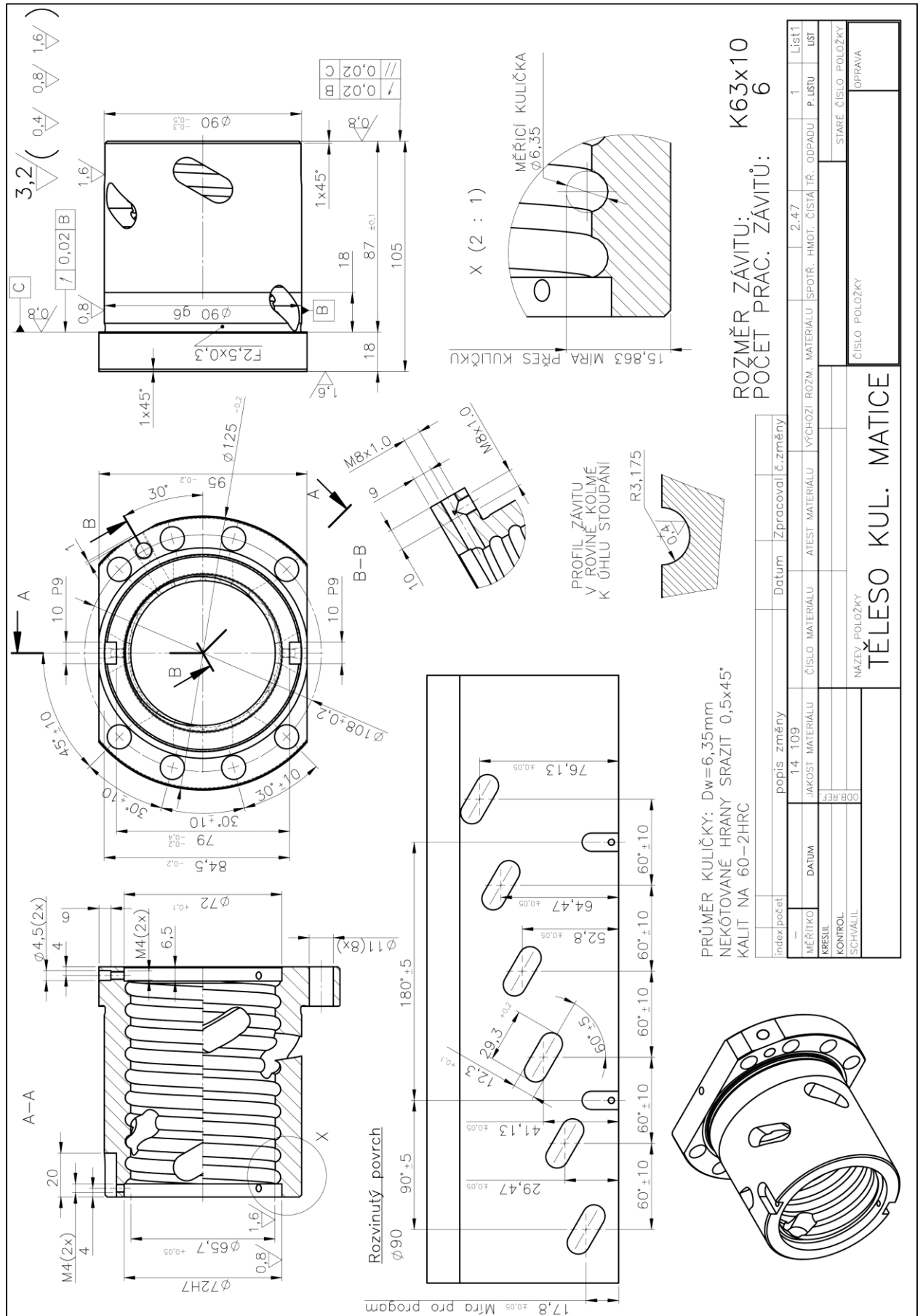
Zkratka / Symbol	Jednotka	Popis
APMX	[mm]	Maximální hloubka řezu
a_p	[mm]	Šířka záběru ostří
B	[mm]	Šířka stopky
C	[-]	Uhlík
CBN	[-]	Kubický nitrid boru
Cr	[-]	Chrom
Cu	[-]	Měď
CVD	[-]	Chemical Vapour Deposition
ČSN	[-]	Označení českých technických norem
C_s	[CZK]	Cena pořízení stroje
C_{np}	[mm]	Posunutí středu poloměru profilu
D_A	[mm]	Průměr tyče
D_B	[mm]	Průměr polotovaru
d	[mm]	Vnější průměr šroubového závitu
d_0	[mm]	Jmenovitý průměr
d_{2r}	[mm]	Vnější průměr závitu matice
d_{3B}	[mm]	Vnitřní průměr šroubového závitu
d_{3r}	[mm]	Průměr vnitřního závitu matice
DC	[mm]	Řezný průměr
DCON	[mm]	Spojovací průměr
$d_{k,B}$	[mm]	Průměr válení podél profilu šroubu
$d_{k,r}$	[mm]	Průměr válení podél profilu matice
DPH	[-]	Daň z přidané hodnoty
D_w	[mm]	Průměr kuličky
E_p	[hod. rok ⁻¹]	Roční efektivní fond ručního pracovníka
E_r	[hod. rok ⁻¹]	Roční efektivní fond ručního pracovníka
E_s	[hod. rok ⁻¹]	Roční efektivní fond ručního pracovníka
f	[mm]	Posuv
H	[mm]	Výška stopky
HB	[-]	Tvrдость dle Brinella
HF	[mm]	Funkční výška
HRA	[-]	Tvrдость dle Rockwella
HRC	[-]	Tvrдость dle Rockwella
HSS	[-]	High speed steel
IC	[mm]	Průměr vepsané kružnice
KAPR	[deg]	Úhel břítu nástroje
KŠM	[-]	kuličkový šroubový mechanismus
k_{mA}	[%]	Koeficient využití materiálu přířezu
k_{mB}	[%]	Koeficient využití materiálu přířezu pro výkovek
L	[mm]	Dráha nástroje
LB1	[mm]	Délka tělesa
LE	[mm]	Účinná délka břítu
LF	[mm]	Funkční délka
LU	[mm]	Použitelná délka
l_{Bs}	[mm]	Délka polotovaru
l_{kA}	[mm]	Délka nevyužitého konce tyče
l_{oD}	[mm]	Délka přířezu
l_s	[mm]	Délka tyče

I_{uA}	[mm]	Šířka prořezu
Mn	[-]	Mangan
N_N	[CZK]	Náklady na nástroj a jeho výměnu
N_V	[CZK]	výrobní náklady
N_p	[CZK]	Náklady na polotovary
N_s	[CZK]	Náklady na strojní práce
N_{sm}	[CZK.min ⁻¹]	Minutová sazba stroje
N_{sn}	[CZK.hod ⁻¹]	Hodinová sazba stroje
n	[min ⁻¹]	Otáčky
n_A	[ks]	Počet přířezu z tyče
n_f	[min ⁻¹]	Otáčky frézy
OAL	[mm]	Celková výška
P_c	[mm]	Přídavek na průměr
P_{cl}	[mm]	Přídavek na deklu
P	[mm]	Rozteč závitů
PVD	[-]	Physical Vapour Deposition
Q	[ks]	Počet kusů
Q_{cB}	[kg.ks ⁻¹]	Hmotnost vsázky do pece pro ohřev
Q_{mA}	[kg.ks ⁻¹]	Norma spotřeby materiálu přířezu
Q_{mB}	[kg.ks ⁻¹]	Norma spotřeby materiálu přířezu pro výkovky
Q_{pA}	[kg]	Hmotnost přířezu
Q_s	[kg]	Hmotnost hotové součásti
q_{dA}	[kg.ks ⁻¹]	Odpad vzniklý prořezem
q_{kA}	[kg.ks ⁻¹]	Odpad z nevyužitého konce tyče
q_{oA}	[kg.ks ⁻¹]	Odpad vzniklý při obrábění
q_{op.}	[kg.ks ⁻¹]	Ztráta materiálu opálem
q_{vyr.}	[kg.ks ⁻¹]	Ztráta materiálu výronkem
R_a	[μm]	Střední aritmetická hodnota drsnosti
RE	[mm]	Poloměr rohu
r_B	[mm]	Poloměr zaoblení šroubu
r_r	[mm]	Poloměr zaoblení matice
R_{up}	[mm]	Poloměr profilu závitů
S	[mm]	Tloušťka destičky
Si	[-]	Kremík
SK	[-]	Slinutý karbid
S_f	[CZK.hod ⁻¹]	Fixní hodinová spotřeba
T	[rok]	Doba odpisování
THL	[mm]	Délka závitů
Ti	[-]	Titan
t_{AS}	[min]	Jednotkový strojní čas
V	[-]	Wolfram
V_{op.}	[mm ³]	Objem opálu
V_s	[mm ³]	Objem hotové součásti
V_{vc}	[mm ³]	Celkový objem výkovku
v_c	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost
v_f	[mm.min ⁻¹]	Posuvová rychlost
WF	[mm]	Funkční šířka
Z	[-]	počet chodů závitů
λ	[-]	Kritérium členění součástí
μm	[-]	Mikrometr
ρ	[kg.m ⁻³]	Hustota materiálu

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres součásti kuličková matice
Příloha 2	Výrobní technologie pro kusovou výrobu
Příloha 3	Výrobní technologie pro sériovou výrobu
Příloha 4	Část výrobní technologie pro alternativní sériovou výrobu
Příloha 5	System označení nástrojů
Příloha 6	System označení VBD 1
Příloha 7	System označení VBD 2
Příloha 8	Označení materiálů VBD

PŘÍLOHA 1. VÝKRES SOUČÁSTI KULIČKOVÁ MATICE.



PŘÍLOHA 2. VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO KUSOVOU VÝROBU.

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP		KUSOVÁ		Název skupiny:		PŘÍLOHA 2					
Dne :		Kontroloval :		Polotovary:		I _{od} =		HT :		Číslo listu: 1			
Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dĺina	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:	Materiál nástroje:	V _c [m/min]	n	a _c	l	Třída:	t _{as} [min/ks]	t _{ac} [min/ks]	
	Orientační:												
00/00	PASOVÁ PILA PILOUS ARG 260 plus S.A.F	ORBOBNÁ	VSTUPNÍ KONTROLA TYČE: Ø130 ± 0,3 MM DĚLKA 3000 ± 0,5 MM, UPNOUT A ŘEZAT TYČ NA PŘÍŘEZY V DÉLCE 112 MM, KONTROLOVAT DÉLKU PŘÍŘEZŮ: 112 ± 0,2 MM.	MARCAL 16 metr FESTA 5m		60		130	112			2,95	
01/01	TRENS SN 500 SA	ORBOBNÁ	UPNOUT SOUČÁST DO SKLÍČIDLA V DÉLCE MAX. 21 MM, ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU: L = 109,5 ± 0,2 MM. HRUBOVAT Z Ø130 MM NA Ø91 MM V DÉLCE 87,5 ± 0,2 MM. VRTAT OTVOR Ø30 MM NASKRZ. HRUBOVAT Z Ø30 MM NA Ø65,2 MM NASKRZ, HRUBOVAT Z Ø65,2 MM NA Ø71,5 MM V DÉLCE 7 ± 0,1 MM. SOUSTRUŽIT NA ČISTO Ø65,7 + 0,05 NASKRZ, Ra 1,6, SOUSTRUŽIT NA ČISTO Ø72H7 V DÉLCE 7 ± 0,1 MM S PŘÍDAVKEM 0,3 MM NA BROUŠENÍ NANĚST RÝSOVACÍ RYSKY NA Ø72 MM A Ø91 MM, PRO POLOHOVÁNÍ PŘI NÁSLEDUJÍCÍCH OPERACÍCH, KONTROLOVAT Ø65,7 + 0,05 MM.	BB206 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 16-PR 4335 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 16-PR 4335 880-D3000L32-04 880-06 04 W10H-P-GR 4344 880-06 04 06H-C-GR 1044 E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 12-PR 4325 E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 12-PR 4325 E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 08-PF 4325 E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 08-PF 4325 MICROMAR 44 EWR 60 – 70 MM	SK P30 SK P30 SK SK P30 SK P30 SK P30 SK P30 SK P30	150 150 34,5714 310 310 400 400	367 0,5 367 0,3 367 0,32 1503 0,3 1503 0,3 1939 0,2 1939 0,2	2,5 6,5 30 2,2 1,57 0,25 0,25	65,5 87,5 109,5 109,5 109,5 109,5	1 3 1 8 2 1 1		0,368 2,439 0,949 1,978 0,04 0,288 0,023	

PŘÍLOHA 2. VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO KUSOVOU VÝROBU.

VÝROBNÍ POSTUP			KUSOVÁ			PŘÍLOHA 2					
VÝROBNÍ POSTUP			KUSOVÁ			PŘÍLOHA 2					
Dne :	Výhotovil :	Kontroloval :	Název skupiny:	I _{od} =	HT :		Číslo listu: 2				
Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dílňa	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:	Materiál nástroje:	Výrobní podmínky :					
	Orientační: Třídící číslo:					V _c [m/min]	n	a _c	l	Třída:	t _{as} [min/ks]
02/02	TREN S N 500 SA 04121	ORBOBN A	UPNOUT SOUČÁST DO SKLÍDILA ZA Ø91 MM, ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU L = 106,3 ± 0,2 MM S PŘÍDAVKEM NA DOKONČENÍ, SOUSTRUŽIT ČELO NA ČISTO V DÉLCE L = 106,3 ± 0,2 MM, Ra 1,6 HRUBOVAT Z Ø130 MM NA Ø126 MM, SRAZIT HRANU 1,5X45° MM, SOUSTRUŽIT NA ČISTO Ø72 + 0,1 MM V DÉLCE 7 ± 0,1 MM, Ra 3,2. POLOHOVAT POMOCI POLOHOVACÍCH RYSEK, HRUBOVAT ZÁVIT K63X10, S PŘÍDAVKEM NA DOKONČENÍ, SOUSTRUŽIT NA ČISTO ZÁVIT K63X10 S PŘÍDAVKEM NA BROUŠENÍ, KONTROLOVAT ROZMĚR ZÁVITU, MÍRA PŘES KULÍČKU Ø6,35: 16,04 + 0,05 MM.	BB206 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 16-PR 4335 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 16-PR 4335 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 16-PR 4335 E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 08-PF 4325 MARSTAND 815 MA RAG123J08-25B N123J2-0600-RO 1125 RAG123J08-25B N123J2-0600-RO 1125 MARSTAND 815 MA KEM-ES-A6 PDJNR 1616H 11 DNMG 11 04 04-PM 4335 PDJNR 1616H 11 DNMG 11 04 04-PM 4335	SK P30 SK P30 SK P30 SK P30 SK P30 SK P30	150 215 150 400 150 170	367 0,4 527 0,2 367 0,3 1939 0,2	2,7 0,5 2 0,8	65,5 1 65,5 1 22 1 7 4	100 10 100 3	0,46 0,64 0,218 0,093
03/03	TREN S N 500 SA 04121										

PŘÍLOHA 2. VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO KUSOVOU VÝROBU.

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP		KUSOVÁ		PŘÍLOHA 2									
Dne :		Vyhotoval :		Kontroloval :		Název skupiny:		I _{0D} =		HT :		Číslo listu:		3	
Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dĺina	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravy, měřidla, pomůcky:	Materiál nástroje:	V _c [m/min]	n	a _c	l	Třída:	t _{as} [min/ks]	t _{ac} [min/ks]	Výrobní podmínky :		
	Orientační:												Třídící číslo:	i	KČ
		OBROBNA				310	784	0,2	69,3	1		0,455			
			SOUSTRUŽIT NA ČISTO Z Ø90,3 MM NA DÉLKU 87,3 ± 0,1 MM, V DÉLCE 69,3 ± 0,1 MM,	PDJNR 1616H 11 DNMG 11 04 04-PM 4335	SK P30	310	784	0,2	0,35	1		0,073			
			SOUSTRUŽIT NA ČISTO ČELO NA DÉLKU 87,3 ± 0,1 MM,	PDJNR 1616H 11 DNMG 11 04 04-PM 4335	SK P30	310	784	0,2	0,2	1		0,143			
			SOUSTRUŽIT NA ČISTO ČELO PŘÍRUBY NA DÉLKU 18,3 ± 0,1 MM,	PDJNR 1616H 11 DNMG 11 04 04-PM 4335	SK P30	310	784	0,2	0,2	1		0,029			
			SOUSTRUŽIT ZÁPICH F2,5x0,3, SRAZIT HRANU 1X45° MM, SRAZIT HRANU 0,5X45° MM,	MICROMAR 40 EWR 75 – 100 MM MICROMAR 40 EWR 75 – 100 MM MICROMAR 40 EWR 100 – 125 MM	SK P30	310	784	0,2	0,3	1					
04/04	OPTimil F 105 05373	OBROBNA	UPNOUT SOUČÁST DO SKLÍČIDLA ZA Ø125 + 0,05 MM, POLOHOVAT POMOCI POLOHOVACÍCH RYSEK, FRÉZOVAT OTVORY VIZ ROZVINUTÝ POVRCH,	TT182, BB206 MARSTAND 815 MA 2S342-0953-038-PA 1730	SK P30	157	5000	0,05	12,7	6	29,3				
05/05	OPTimil F 105 05373	OBROBNA	UPNOUT SOUČÁST NA ROZPINACÍ TRN, POLOHOVAT POMOCI POLOHOVACÍCH RYSEK, FRÉZOVAT DRAŽKY 10 P9, FRÉZOVAT PLOCHY 95 -0,2 MM, FRÉZOVAT PLOCHU PRO M8, VRTAT OTVOR Ø6,8 MM,	KEM-ES-A6 MARSTAND 815 MA 2S342-0953-038-PA 1730 2S342-0953-038-PA 1730 2S342-0953-038-PA 1730	SK P30 SK P30 SK P30 SK P30	157	5000	0,05	5,5	2	20	0,176			
						157	5000	0,05	15	2	81,3	0,666			
						157	5000	0,05	1	2	18	0,16			
						106,76	5000	0,05	6,8	20	20	0,022			

PŘÍLOHA 2. VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO KUSOVOU VÝROBU.

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP		KUSOVÁ		PŘÍLOHA 2							
Dne :		Výhotovil :		Kontroloval :		Název skupiny:		HT :		Číslo listu:		4	
Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dílňa	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:	Materiál nástroje:	Vc [m/min]		n		Třída:		t _{as} [min/ks]	
						f	ap	i	Kč	t _{ac} [min/ks]			
06/06	OTK 09863	OBROBNA	ŘEZAT ZÁVIT M8, VRTAT OTVORY Ø4,5 MM, VRTAT OTVORY Ø3,3 MM, ŘEZAT ZÁVITY M4. OTOČIT SOUČÁST O 90 °, VRTAT OTVORY Ø11 MM, VRTAT OTVOR Ø6,8 MM, ŘEZAT ZÁVIT M8.	EP09PM8 860.1-0450-027A0-PM 4234 860.1-0330-029A1-PM 4234 EP09PM4 860.1-1100-037A0-PM 4234 860.1-0680-024A0-PM 4234 EP09PM8	HSS SK P30 SK P30 HSS SK P30 SK P30 HSS	11,8 70,65 51,81 7,3 172,7 106,76 11,8	470 1,25 5000 0,2 5000 0,2 581 0,7 5000 0,2 5000 0,2 470 1,25	8 4,5 3,3 4 11 6,8 8	10 2 6 2 4 10 18,3 8 6 1 9 1	0,041 0,016 0,056 0,118 0,162 0,008 0,019			
07/07	KOOPERACE	KALÍRNA	KALIT NA 60 -2 HRC, OČISTIT PO KALENÍ.	MICROMAR 44 EWR 60 – 70 MM MARSTAND 107 MH MARSTAND 815 MA MARCAL 30 EWRI-D trn M4 - 6H, trn M8 - 6H MARGAGE 408									
08/08	Bernardo URS 500 N 05522	OBROBNA	UPNOUT SOUČÁST NA ROZPÍNAČÍ TRN, BROUSIT Ø90g6 MM Ra 0,8, BROUSIT ČELO NA DÉLKU 105 MM, Ra 0,8,	KEM-ES-A6 T1 350x40x127 454A60J10V40 T1 350x40x127 454A60J10V40		20,1483 [m/s] 20,1483	1100 0,01 1100	0,15 0,3	15 3	0,53181818 0,21272727			

PŘÍLOHA 3. VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO SÉRIOVOU VÝROBU.

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP		SÉRIOVÁ		PŘÍLOHA 3									
Dne :		Vyhotovil :		Kontroloval :		Název skupiny:		I _{od} =		HT :		Č. listu: 1			
Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dílna	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravy, měřidla, pomůcky:	Materiál nástroje:	V _c [m/min]	f	n	a _c	l	Třída:	t _{As} [min/ks]	t _{Ac} [min/ks]		
	Orientační:											Třídící číslo:	a _p	i	KČ
00/00	RUČNÍ PRACOVÍŠTĚ 09626	EXPEDICE	VSTUPNÍ KONTROLA VÝKOVKU DLE VYKRESU	MARCAL 16											
01/01	MCV 1210	OROBNA	UPNOUT SOUČÁST DO SKLÍČIDLA ZA Ø95 MM, ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU 108 MM, SOUSTRUŽIT ČELO NA DÉLKU 107,5 MM HOTOVĚ Ra 1,6, SOUSTRUŽIT Z Ø130 MM NA Ø125,6 MM V DÉLCE 19,5 MM, SOUSTRUŽIT SRAŽENÍ HRANY 1,5x45° MM, VRTAT DÍRU Ø60 MM, SOUSTRUŽIT Z Ø60 MM NA Ø64,7 MM, SOUSTRUŽIT Z Ø64,7 MM NA Ø65,7+0,05 MM HOTOVĚ Ra 1,6, SOUSTRUŽIT Z Ø65,7 MM NA Ø72+0,1 MM V DÉLCE 6,5 MM HOTOVĚ, Ra 3,2, SOUSTRUŽIT SRAŽENÍ HRANY 1,5x45° MM, SOUSTRUŽIT HRUBOVAT ZÁVIT K63x10	BB206 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 08-PM 4315 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 08-PM 4315 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 08-PM 4315 880-D6000L40-02 880-09 06 W12H-P-GR 4344 880-09 06 08H-C-GR 1044 E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 12-PR 4325 E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 08-PF 4325 E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 08-PF 4325 RAG123J08-25B N123J2-0600-RO 1125 KEM-ES-A6 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 08-PM 4315 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 08-PM 4315	SK P20 SK P20 SK P20 SK SK SK P30 SK P30 SK P30 SK P30 P30 SK SK P20 SK P20 SK	345 0,5 430 0,2 345 0,3 63,114 0,2 320 0,25 440 0,2 440 0,2 170 10	845 2 1053 0,5 845 1,1 670 60 784 1,18 1078 0,5 1078 1,6 416 0,25	35 1 35 1 19,5 2 20 1 107,5 2 107,5 1 6,5 2 100 9		0,088 0,176 0,17 0,164 1,117 0,508 0,079 0,454					
02/02	MCV 1210	OROBNA	UPNOUT SOUČÁST NA ROZPINACÍ TRN ZA Ø65,7 MM, ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU 105,3 MM, SOUSTRUŽIT Z Ø95 MM NA Ø90,6 MM V DÉLCE 86 MM,			345	0,5	845	2,2	17,5		0,046	0,347		

PŘÍLOHA 3. VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO SÉRIOVOU VÝROBU.

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP		SÉRIOVÁ		PŘÍLOHA 3											
Dne :		Kontroloval :		Název skupiny:		Název celku:		Sériová		Název skupiny:		HT :		Č. listu: 2			
Výhotovil :		Polotovár:		I _{0D} =		Výrobní podmínky :		Vc [m/min]		n		a _c		Třída:		t _{as} [min/ks]	
Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:		Dĺlna		Popis práce v operaci :		Výrobní nástroje, měřidla, pomůcky:		Materiál nástroje:		f		a _p		Kč		t _{ac} [min/ks]	
Třídící číslo:																	
				SOUSTRUŽIT ČELO PŘÍRUBY NA DÉLKU 18,3 MM,		DCLNR 2525M 19		SK		845		17,5				0,046	
				SOUSTRUŽIT Z Ø90,6 MM NA Ø89,6 ± 0,1 MM V DÉLCE 69,3 MM HOTOVĚ, Ra 1,6,		CNMG 19 06 08-PM 4315		P20		0,5		1,2		1		0,603	
				SOUSTRUŽIT SRAŽENÍ HRANY 1,5x45° MM,		PDJNR 1616H 11		SK		759		0,5		89,6			
				SOUSTRUŽIT ZÁPICH F2,5x0,3,		DNMG 11 04 04-PM 4335		P30		0,2		0,5		1			
				SOUSTRUŽIT Z Ø125,6 MM NA Ø125+0,05 MM V DÉLCE 18,3 MM HOTOVĚ, Ra 3,2,		PDJNR 1616H 11		SK		759		0,3		2,5		0,03	
				SOUSTRUŽIT SRAŽENÍ HRANY 1x45° MM,		DNMG 11 04 04-PM 4335		P30		0,2		0,3		18,3		0,134	
				SOUSTRUŽIT Z Ø65,7 MM NA Ø71,7 MM V DÉLCE 6,3 MM,		E20S-SCLCR 09-R		SK		784		1,5		6,3		0,085	
				FRÉZOVAT DRÁŽKY 10P9 MM,		CCMT 09 T3 12-PR 4325		SK		0,25		2		2		0,168	
				FRÉZOVAT PLOCHY NA ROZMER 95-0,2 MM,		2S342-0953-038-PA 1730		SK		10000		5,5		20			
				FRÉZOVAT PLOCHU POD ZÁVIT M8,		2S342-0953-038-PA 1730		P30		0,05		2		81,3		0,823	
				VRTAT OTVORY Ø6,8 MM,		860.1-0680-024A0-PM 4234		SK		8000		15		2		0,1	
				ŘEZAT ZÁVITY M8,		EP09PM8		HSS		0,05		1		18			
				VRTAT OTVORY Ø4,5 MM,		860.1-0450-027A0-PM 4234		SK		8000		1		2		0,014	
				VRTAT OTVORY Ø3,3 MM,		860.1-0330-029A1-PM 4234		P30		0,2		6,8		1		0,041	
				ŘEZAT ZÁVITY M4,		EP09PM4		HSS		470		8		10			
				VRTAT OTVORY Ø11 MM.		860.1-1100-037A0-PM 4234		SK		1,25		8		2		0,01	
										8000		4,5		2		0,035	
										8000		3,3		12		0,118	
										581		4		10			
										0,7		4		4		0,102	
										8000		11		18,3/8			

PŘÍLOHA 3. VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO SÉRIOVOU VÝROBU.

VÝROBNÍ POSTUP		SÉRIOVÁ		PŘÍLOHA 3												
VUT FSI ÚST BRNO		Název skupiny:														
Dne :		Kontroloval :		Polotovar:		I _{od} =		HT :		Č. listu: 3						
Číslo op. pořadové:	Orientační:	Výhotovil :		Dĺlna	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:	Materiál nástroje:	Výrobní podmínky :						t _{as} [min/ks]	t _{ac} [min/ks]	
		Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Třídící číslo:					v _c [m/min]	n	a _c	l	f	a _p			i
03/03		MCV 1210		OROBNA	UPNOUT SOUČÁST ZA Ø125+0,05 MM DO MĚKKÝCH ČELISTÍ, FRÉZOVAT OTVORY 12,3+0,1x29,3+0,2 MM, KONTROLOVAT POLOHU OTVORŮ, POLOHU ZÁVITU A ROZMĚRY ZÁVITU MĚŘÍCÍ SONDOU. CELKOVĚ KONTROLOVAT DLE VÝKRESU DĚLKA 105 MM = 105,3+0,1 MM, DĚLKA 18 MM = 18,3+0,1 MM, Ø125 -0,2 MM = Ø125 -0,05 MM, Ø90 g6 = Ø90,6 ± 0,1 MM, MÍRA PŘES KULIČKU 15,863 = 16,038+0,05 MM ČETNOST KONTROL 10 %.	BB206 KSJ SB06B1 2S342-0953-038-PA 1730 MĚŘÍCÍ SONDA	SK P30	251,2	8000 0,05	58,6 9,5	6			1,788 0,5		
04/04		OTK		KONTROLA	KALIT NA 60 -2 HRC, OČISTIT PO KALENÍ.	MICROMAR 44 EWR 60 – 70 MM MARSTAND 107 MH MARSTAND 815 MA MARCAL 30 EWRI-D trn M4 - 6H, trn M8 - 6H MARGAGE 408										
05/05		KOOPERACE		KALÍRNA												
06/06		OC Hembrug Mikroturm 500 XL		OROBNA	UPNOUT SOUČÁST NA ROZPINACÍ TRN ZA Ø65,7 MM, SOUSTRUŽIT ČELO NA DÉLKU 105 MM, Ra 0,8, SOUSTRUŽIT ČELO PŘÍRUBY NA DÉLKU 18 MM, Ra 0,8, SOUSTRUŽIT Z Ø90,6 MM NA Ø90g6 MM V DÉLCE 15,5 MM HOTOVĚ, Ra 0,8, SOUSTRUŽIT Z Ø71,4 MM NA Ø72H7 MM V DÉLCE 6 MM. HOTOVĚ, Ra 0,8.	KEM-ES-A6 DCKNR 2020K 12 CNGA120416S02035F 7125 DCKNR 2020K 12 CNGA120416S02035F 7125 PDJNR 1616H 11 DNGA110412S01030A 7015 E20S-SCLCR 09-R CCGW09T304S01020F 7125	CBN H20 CBN H20 CBN H10 CBN H20	120 120 220 175	294 0,1 294 0,1 539 0,2 429 0,3	8,95 0,3 17,2 0,3 15,5 0,15 6 0,15	1 1 1 2 6 2		0,372 0,653 0,325 0,124			

PŘÍLOHA 4. ČÁST VÝROBNÍ TECHNOLOGIE PRO ALTERNATIVNÍ SÉRIOVOU VÝROBU.

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP		SÉRIOVÁ 2		PŘÍLOHA 4							
Dne :		Vyhotožil :		Kontroloval :		Název skupiny:		I _{0D} =		HT :		Č. listu: 1	
Číslo op. pořadové:	Orientační:	Název, označení stroje, zařazení, pracoviště:		Dílna	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje:	V _c [m/min]	n	f	a _c	l	Třída:	t _{AS} [min/ks]
		Třídící číslo:											
00/00		PASOVÁ PÍLA PILOUS ARG 260 plus S.A.F		OBROBNA		MARCAL 16 metr FESTA 5m	60			130	120		2,95
01/01		MCV 1210		OBROBNA	VSTUPNÍ KONTROLA TYČE: Ø130 ± 0,3 MM, DÉLKA 3000 ± 0,5 MM, UPNOUT A ŘEZAT TYČ NA PŘÍREZY V DÉLCE 112 MM, KONTROLOVAT DÉLKU PŘÍREZŮ: 112 ± 0,2 MM. UPNOUT SOUČÁST DO SKLÍČIDLA ZA Ø130 MM, ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU 108 MM, SOUSTRUŽIT ČELO NA DÉLKU 107,5 MM HOTOVĚ Ra 1,6, SOUSTRUŽIT Z Ø130 MM NA Ø125,6 MM V DÉLCE 19,5 MM, SOUSTRUŽIT SRAŽENÍ HRANY 1,5x45° MM, VRTAT DÍRU Ø60 MM, SOUSTRUŽIT Z Ø60 MM NA Ø64,7 MM, SOUSTRUŽIT Z Ø64,7 MM NA Ø65,7±0,05 MM HOTOVĚ Ra 1,6, SOUSTRUŽIT Z Ø65,7 MM NA Ø72±0,1 MM V DÉLCE 6,5 MM HOTOVĚ, Ra 3,2. SOUSTRUŽIT SRAŽENÍ HRANY 1,5x45° MM, SOUSTRUŽIT HRUBOVAT ZÁVIT K63x10	BB206 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 08-PM 4315 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 08-PM 4315 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 08-PM 4315 880-D6000L40-02 880-09 06 W12H-P-GR 4344 880-09 06 08H-C-GR 1044 E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 12-PR 4325 E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 08-PF 4325 E20S-SCLCR 09-R CCMT 09 T3 08-PF 4325 RAG123J08-25B N123J2-0600-RO 1125	345 0,5 1053 0,2 845 0,3 670 0,2 784 0,25 1078 0,2 1078 0,2 416 10	845 0,5 1053 0,2 845 0,3 670 0,2 784 0,25 1078 0,2 1078 0,2 416 10	2 0,5 1,1 60 1,18 0,5 1,6 0,25 9	68 1 68 1 19,5 2 120 1 107,5 2 107,5 1 6,5 2 100 9		0,166 0,332 0,17 0,91 1,117 0,508 0,079 0,454	
02/02		MCV 1210		OBROBNA	UPNOUT SOUČÁST NA ROZPÍNAČÍ TRN ZA Ø65,7 MM, ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU 105,3 MM, SOUSTRUŽIT Z Ø130 MM NA Ø90,6 MM V DÉLCE 86 MM,	KEM-ES-A6 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 08-PM 4315 DCLNR 2525M 19 CNMG 19 06 08-PM 4315	345 0,5 845 0,5	845 0,5 845 0,5	2,2 6,5 2,2 6,5	68 1 86 3		0,166 0,625	

PŘÍLOHA 5. SYSTÉM OZNAČENÍ NÁSTROJŮ.

		SYSTÉM ZNAČENÍ NOŽŮ ISO - VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ SYSTÉM ZNAČENIA NOŽOV ISO - VONKAJŠIE SÚSTRUŽENIE																
ISO C ISO C	1	2		3						4								
	Způsob upínání Spôsob upínania	Tvar destičky Tvar doštičky		Tvar nože - úhel nastavení Tvar noža - uhol nastavenia						Úhel hřbetu Uhol chrčta								
	C		S		C		A		B		C		D		D		α_n	
	D		T		D		E		F		G		H		J		N	$\alpha_n=0^\circ$
	P		R		K		K		L		M		N		P		C	$\alpha_n=7^\circ$
	M		W		V		Q		R		S		S		T		P	$\alpha_n=11^\circ$
	S		X		L		U		V		W		X		Y		5	
ISO D ISO D	P	M	S	X	G	L	X	Speciál Špeciál	Z	SPECIAL SPECIÁL	85°	Směr řezu Smer rezu						
												R		L		N		
ISO M ISO M	S	X	G	L	X	Speciál Špeciál	Z	SPECIAL SPECIÁL	85°	SPECIAL SPECIÁL	85°	Směr řezu Smer rezu						
												R		L		N		
ISO P ISO P	P	C	L	N	R	-	32	25	L	12	-	S	5					
													R		L		N	
ISO S ISO S	6	Výška držáku [mm] Výška držiaka [mm]		8	Celková délka Celková dĺžka	l ₁ [mm]	D	60	9	Velikost destičky Velkosť doštičky	S	C	D	V	K	W	T	R
ZÁPÍČHY ZÁPÍČHY	7	Šířka držáku [mm] Šírka držiaka [mm]		8	Celková délka Celková dĺžka	l ₁ [mm]	D	60	9	Velikost destičky Velkosť doštičky	S	C	D	V	K	W	T	R
ZÁVITY ZÁVITY	10	Údaje výrobce Údaje výrobcu		8	Celková délka Celková dĺžka	l ₁ [mm]	D	60	9	Velikost destičky Velkosť doštičky	S	C	D	V	K	W	T	R
VBD VRD	M	Způsob upínání "S" s podložkou Spôsob upínania "S" s podložkou		8	Celková délka Celková dĺžka	l ₁ [mm]	D	60	9	Velikost destičky Velkosť doštičky	S	C	D	V	K	W	T	R
VBD VRD	S	Se seřizovacími šrouby S nastavovacími skrutkami		8	Celková délka Celková dĺžka	l ₁ [mm]	D	60	9	Velikost destičky Velkosť doštičky	S	C	D	V	K	W	T	R









PŘÍLOHA 6. SYSTÉM OZNAČENÍ VBD 1.

A VŠEOBECNÉ INFORMACE Kódové značení






Břitové destičky pro všeobecné soustružení

C	N	M	G	12	04	08	-		-	PF
1	2	3	4	5	6	7		8	9	12

B











1 Tvar VBD	
C 	D 
K 	R 
S 	T 
V 	W 

C

2 Úhel hřbetu břitové destičky	
B 	C 
E 	N 
P 	O Zvláštní provedení

D








E

4 Typ VBD	
A 	Q 
G 	R 
M 	T 
N 	W 
P 	X 
	Zvláštní provedení

F

G

3 Tolerance		
Třída	S	IC / W1
G	±0.13	±0.025
M	±0.13	±0.05 – ±0.15 ¹⁾
U	±0.13	±0.08 – ±0.25 ¹⁾
E	±0.025	±0.025
¹⁾ Liší se v závislosti na velikosti IC. Viz níže.		
Vepsaná kružnice	Třída tolerance	
IC mm	M	U
3.97		
5.0		
5.56		
6.0		
6.35	±0.05	±0.08
8.0		
9.525		
10.0		
12.0	±0.08	±0.13
12.7		
15.875		
16.0	±0.10	±0.18
19.05		
20.0		
25.0	±0.13	±0.25
25.4		
31.75	±0.15	±0.25
32.0		
U destiček s pozitivní geometrií břítu platí hodnota iC pro ostrou hranu. Viz tvar řezné hrany F. (Pozice 8).		

5 Velikost VBD						
C	D	R	S	T	V	W
						
06	06	05	09	05	11	02
09	07	08	12	06	13	04
12	11	09	15	11	16	06
16	13	10	19	16	22	08
19	15	12	25	22		
25		15		27		
		16		33		
		19				
		20				
		25				
		31				
		32				

PŘÍLOHA 7. SYSTÉM OZNAČENÍ VBD 2.

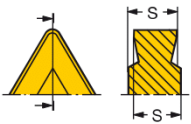




























Kódové značení

VŠEOBECNÉ INFORMACE

A

CZE

Břítové destičky pro všeobecné soustružení

<p>6 Tloušťka břítové destičky, S mm</p>  <table border="0"> <tr><td>01</td><td>S = 1.59</td></tr> <tr><td>T1</td><td>S = 1.98</td></tr> <tr><td>02</td><td>S = 2.38</td></tr> <tr><td>03</td><td>S = 3.18</td></tr> <tr><td>T3</td><td>S = 3.97</td></tr> <tr><td>04</td><td>S = 4.76</td></tr> <tr><td>05</td><td>S = 5.56</td></tr> <tr><td>06</td><td>S = 6.35</td></tr> <tr><td>07</td><td>S = 7.94</td></tr> <tr><td>09</td><td>S = 9.52</td></tr> <tr><td>10</td><td>S = 10.00</td></tr> <tr><td>12</td><td>S = 12.00</td></tr> </table>	01	S = 1.59	T1	S = 1.98	02	S = 2.38	03	S = 3.18	T3	S = 3.97	04	S = 4.76	05	S = 5.56	06	S = 6.35	07	S = 7.94	09	S = 9.52	10	S = 10.00	12	S = 12.00	<p>7 Poloměr špičky, RE mm</p>  <table border="0"> <tr><td>00* = 0</td></tr> <tr><td>01 = 0.1</td></tr> <tr><td>02 = 0.2</td></tr> <tr><td>04 = 0.4</td></tr> <tr><td>05 = 0.5</td></tr> <tr><td>08 = 0.8</td></tr> <tr><td>10 = 1.0</td></tr> <tr><td>12 = 1.2</td></tr> <tr><td>15 = 1.5</td></tr> <tr><td>16 = 1.6</td></tr> <tr><td>24 = 2.4</td></tr> <tr><td>32 = 3.2</td></tr> </table>	00* = 0	01 = 0.1	02 = 0.2	04 = 0.4	05 = 0.5	08 = 0.8	10 = 1.0	12 = 1.2	15 = 1.5	16 = 1.6	24 = 2.4	32 = 3.2
01	S = 1.59																																				
T1	S = 1.98																																				
02	S = 2.38																																				
03	S = 3.18																																				
T3	S = 3.97																																				
04	S = 4.76																																				
05	S = 5.56																																				
06	S = 6.35																																				
07	S = 7.94																																				
09	S = 9.52																																				
10	S = 10.00																																				
12	S = 12.00																																				
00* = 0																																					
01 = 0.1																																					
02 = 0.2																																					
04 = 0.4																																					
05 = 0.5																																					
08 = 0.8																																					
10 = 1.0																																					
12 = 1.2																																					
15 = 1.5																																					
16 = 1.6																																					
24 = 2.4																																					
32 = 3.2																																					
<p>8 Tvar řezné hrany</p> <table border="0"> <tr> <td>F</td> <td></td> <td>Ostrý břit</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>Břit s úpravou typu ER (ANSI)</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td></td> <td>Zaoblená řezná hrana (s ER úpravou)</td> </tr> <tr> <td>T</td> <td></td> <td>Řezná hrana s negativní fazetou</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td></td> <td>Řezná hrana s dvojitou negativní fazetou</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td></td> <td>Břit s negativní fazetou a zaoblením řezné hrany (s ER úpravou)</td> </tr> </table>	F		Ostrý břit	A		Břit s úpravou typu ER (ANSI)	E		Zaoblená řezná hrana (s ER úpravou)	T		Řezná hrana s negativní fazetou	K		Řezná hrana s dvojitou negativní fazetou	S		Břit s negativní fazetou a zaoblením řezné hrany (s ER úpravou)	<p>9 Provedení nástroje</p> <table border="0"> <tr> <td>R</td> <td></td> <td>Posuv</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td></td> <td>Posuv</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td></td> <td>Posuv</td> </tr> </table>	R		Posuv	L		Posuv	N		Posuv									
F		Ostrý břit																																			
A		Břit s úpravou typu ER (ANSI)																																			
E		Zaoblená řezná hrana (s ER úpravou)																																			
T		Řezná hrana s negativní fazetou																																			
K		Řezná hrana s dvojitou negativní fazetou																																			
S		Břit s negativní fazetou a zaoblením řezné hrany (s ER úpravou)																																			
R		Posuv																																			
L		Posuv																																			
N		Posuv																																			
<p>12 Možnost označení ponechaná na výrobci</p> <p>Označení dle ISO se skládá z 9 symbolů, přičemž symboly 8 a 9 se používají pouze tehdy, jsou-li potřeba. Výrobce má navíc možnost použít až tři další symboly, např.</p> <ul style="list-style-type: none"> - WF = geometrie Wiper – dokončování - WMX = hladicí geometrie Wiper, střední obrábění - PF = ISO P – dokončování - PR = ISO P – hrubování 																																					

B

C

D

E

F

7 * Kódové značení používané u kruhových břítových destiček

Pro kruhové břítové destičky se u provedení s metrickými rozměry používá kódové označení se znakem 00 nebo M0 na 7. pozici. M0 značí, že průměr břítové destičky má metrický zaokrouhlený rozměr. U kruhových břítových destiček s palcovými rozměry se 7. pozice v kódovém označení vůbec nepoužívá. Tato pozice zůstává prázdná.

PŘÍLOHA 8. OZNAČENÍ MATERIÁLŮ VBD.

A		VŠEOBECNÉ SOUSTRUŽENÍ		Popis karbidových tříd													
Nástrojové třídy pro všeobecné soustružení																	
B	P	Ocel	ISO 01	ANSI C8		▲											
			10	C7													
			20	C6		▼											
			30	C6													
			40	C5		▼											
			50	C5													
C	M	Korozivzdorná ocel	10	-		▲											
			20	-		▲											
			30	-		▼											
			40	-		▼											
D	K	Litina	01	C4		▲											
			10	C3		▲											
			20	C2		▼											
			30	C1		▼											
E	N	Neželezné kovy	01	C4		▲											
			10	C3		▲											
			20	C2		▼											
			30	C1		▼											
F	S	Žárovzdorné slitiny a superslitiny	01	-	Na bázi Ni	Na bázi titanu	▲										
			10	-													▲
			20	-													▼
			30	-													
G	H	Tvrzené materiály	01	C4			▲										
			10	C3													
			20	C2			▼										
			30	C1			▼										
H			Poloha a tvar symbolů tříd ukazují vhodné oblasti jejich použití.		Střed aplikační oblasti.		Doporučená aplikační oblast.		▲ Odolnost proti otěru		▼ Houževnatost						
				= Základní třídy		= Doplnkové třídy											