

RENOVACE KOVACÍCH A PŘEDKOVACÍCH ZÁPUSTEK

Bc. Tomáš Hruška

Diplomová práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš Hruška**
Osobní číslo: **T17263**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Renovace kovacích a předkovacích zápustek**

Zásady pro vypracování:

1. Literární rešerše dané problematiky.
2. Konstrukce kovacího nástroje na základě navrženého výkoku.
3. Tvorba CNC programů pro renovaci daných kovacích a předkovacích zápustek.
4. Porovnání technologií renovace zápustek a zhodnocení finančních nákladů.
5. Zpracování seřizovacích a nástrojových listů.

Rozsah diplomové práce: cca 60 stran
Rozsah příloh: dle pokynů VDP
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 169 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-80-214-4747-9.
- STEPHENSON, David A. a John S. AGAPIOU. *Metal cutting theory and practice*. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, [2016], xxi, 947. ISBN 978-1-4665-8753-3.
- KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2. Dostupné také z: http://toc.nkp.cz/NKC/201104/contents/nkc20112177920_1.pdf
- ŠTULPA, Miloslav. *CNC: programování obráběcích strojů*. Praha: Grada, 2015, 240 s. ISBN 978-80-247-5269-3.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání diplomové práce: 2. ledna 2019
Termín odevzdání diplomové práce: 17. května 2019

Ve Zlíně dne 7. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: HRUSKA TOMÁŠ

Obor: KTZ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 7.5.2019

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Úkolem této diplomové práce je finanční porovnání technologie konvenčního obrábění a elektroerozivního obrábění. Tato analýza je aplikována na renovaci kovacích a předkovacích zápustek používaných při zápustkovém kování.

Teoretická část je literární rešerše o daných technologiích, zabývající se jejich problematikou, se kterou se lze v praxi setkat.

Praktická část se v první části skládá z konstrukce kovacích nástrojů, neboli kovacích a předkovacích zápustek. Výstupem druhé části jsou CNC programy pro výrobu nově navržených zápustek a dále pro jejich renovace. CNC programy pro renovace jsou navíc podloženy materiálovými a seřizovacími listy. Poslední část vyhodnocuje finanční náklady pro renovace za použití dvou odlišných technologií a ty následně porovnává.

Klíčová slova: Programování, CNC výroba, Zápustkové kování, Renovace.

ABSTRACT

The aim of this master thesis is to compare the conventional machining with the electric discharge machining from the financial point of view. This analysis is applied to renovation of forming and pre-forming dies used in die forging.

The theoretical part of the thesis is a literature research of the technologies focusing on their practical use.

The practical part consists of three parts. The subject of the first part is the construction of forging tools, that is the construction of forging and pre-forging dies. The second part focuses on CNC programmes for making and renovation of newly designed dies. CNC programmes for renovation are provided with material and adjusting lists. In the last part the financial costs of renovation done with the two different technologies are evaluated and subsequently compared.

Keywords: Programming, CNC Production, Die forging, Renovation,

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, panu doc. Ing. Ondřeji Bílkovi Ph.D. a vedoucímu konstrukce Kovárny VIVA, panu Ing. Miroslavu Papežíkovi, za odborné konzultace, technické zázemí a věcné připomínky. Dále bych rád poděkoval rodičům, mé přítelkyni a všem co mě ve studiu podporovali.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE KOVÁNÍ.....	12
1.1 HISTORIE KOVÁNÍ.....	12
1.2 ROZDĚLENÍ KOVÁNÍ	15
1.2.1 Volné kování	15
1.3 ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ.....	17
1.3.1 Technologický postup výroby výkovku	17
1.3.1.1 Příprava polotovaru – operace dělení	18
1.3.1.2 Příprava polotovaru – ohřev.....	19
1.3.1.3 Pěchování.....	19
1.3.1.4 Předkování	19
1.3.1.5 Dokování.....	20
1.3.2 Kovací a předkovací zápustky.....	21
2 KONVENČNÍ METODY OBRÁBĚNÍ.....	22
2.1 ZÁKLADNÍ METODY NEKONVENČNÍHO OBRÁBĚNÍ	23
2.2 SOUSTRUŽENÍ.....	24
2.2.1 Dělení soustružnických operací.....	24
2.2.2 Parametry při soustružení	24
2.2.2.1 Posuv a průřez třísky	25
2.2.2.2 Řezná rychlost a otáčky	25
2.2.2.3 Řezné materiály.....	25
2.3 FRÉZOVÁNÍ.....	26
2.3.1 Sousledné frézování.....	26
2.3.2 Nesousledné frézování.....	26
3 ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ.....	28
3.1 HISTORIE ELEKTROEROZIVNÍHO OBRÁBĚNÍ.....	28
3.2 PRINCIP ELEKTROEROZIVNÍHO OBRÁBĚNÍ.....	29
3.3 PROVOZNÍ CHARAKTERISTIKY PROCESU	31
3.3.1 Regulace přísuvu nástrojové elektrody.....	31
3.4 KVALITA OPRACOVANÉHO POVRCHU	33
4 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ	34
4.1 RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ NC STROJŮ	34
4.2 RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ.....	34
4.3 STROJNÍ PROGRAMOVÁNÍ.....	34
4.4 SOUŘADNÉ SYSTÉMY CNC STROJŮ	35
4.5 VZTAŽNÉ BODY U CNC STROJŮ	35
4.6 CNC PROGRAM	36
4.6.1 CNC program – složení	36
4.7 STRUKTURA CNC PROGRAMU	37
5 SHRUTÍ A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE.....	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	39

6	VOLBA VHODNÝCH VÝKOVKŮ	40
6.1	VÝKOVEK LINDE	40
6.2	VÝKOVEK SCANIA	41
7	KONSTRUKCE PŘEDKOVACÍCH A KOVACÍCH ZÁPUSTEK	42
7.1	VOLBA VHODNÉHO TYPU ZÁPUSTEK	42
7.1.1	Značení ve výrobních výkresech	43
7.1.2	Zápustky pro výkovek Linde	43
7.1.3	Zápustky pro výkovek SCANIA	46
8	TECHNOLOGIE VÝROBY ZÁPUSTEK A CNC PROGRAMOVÁNÍ.....	49
8.1	TECHNOLOGIE VÝROBY	49
8.1.1	Obráběcí CNC frézka MCFV 1060	50
8.2	CNC PROGRAMOVÁNÍ	51
8.2.1	Předkovací zápustky	51
8.2.2	Linde – výroba nové zápustky	52
8.2.3	Výkovek Linde – renovace použité zápustky	54
8.2.4	Výkovek SCANIA – výroba nové zápustky	57
8.2.5	Výkovek SCANIA – renovace použitých zápustek	58
9	SROVNÁNÍ KONVENČNÍ A NEKONVENČNÍ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ A JEJICH FINANČNÍ VYHODNOCENÍ.....	60
9.1	FINANČNÍ VYHODNOCENÍ.....	61
9.1.1	Náklady na renovaci dokovacích zápustek	61
9.1.1.1	Spodní dokovací zápustka pro výkovek SCANIA	62
9.1.1.2	Horní dokovací zápustka pro výkovek SCANIA	63
9.1.1.3	Spodní dokovací zápustka pro výkovek Linde	64
9.1.1.4	Horní dokovací zápustka pro výkovek Linde	65
9.1.2	Finanční srovnání	66
	ZÁVĚR	67
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	69
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	71
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	73
	SEZNAM TABULEK	75
	SEZNAM PŘÍLOH	76

ÚVOD

Technologie kování kovů patří k základním průmyslovým znalostem lidstva. Součásti, vyrobené touto technologií, se nazývají výkovky a jsou využívány prakticky ve všech průmyslových odvětvích. Samotná technologie prošla historicky dlouhým vývojem. Současným trendem se stává plná automatizace a robotizace kovacích linek, spadající do průmyslu 4.0. Tento fakt je způsoben:

1. nedostatkem kvalifikovaných pracovníků. Ti se obtížně shání, z důvodu těžké práce v obtížných a pro člověka nepříznivých podmínkách
2. z důvodu rychlejšího taktu linek. Výhodou robotických linek je také jejich prakticky nepřetržitý provoz. To má za následek snížení ceny výkovku a tím lepší pozice konkrétní kovárny na trhu, kde je vysoká konkurence.

Z těchto důvodů vyvíjejí kovárny značné úsilí v hledání úsporných opatření ve výrobě tak, aby byly výkovky v co nejvyšší kvalitě, při dosažení co nejnižší ceny. Na toto téma navazuje i tato diplomová práce, zabývající se způsobem renovací kovacích a předkovacích zápustek. Zápustky je totiž možné při jejich vysokém opotřebení renovovat pomocí snížení jejich tvaru. Další metodou je navaření návaru do tvarové části a následným obráběním opětovně získat požadovanou tvarovou dutinu. Protože jsou zápustky zakaleny na vysokou tvrdost, je renovace konvenčním obráběním poměrně zdlouhavá. Platí to hlavně u hlubokých tvarů. Proto vznikla potřeba porovnat technologii renovace konvenčními i nekonvenčními způsoby obrábění a jejich cenové náročnosti pro hluboké a naopak plytké tvary v dutině zápustky. Výsledek by měl určit, která technologie je v daném případě vhodnější a zajistila by kovárně finanční úsporu a tím i lepší pozici na trhu.

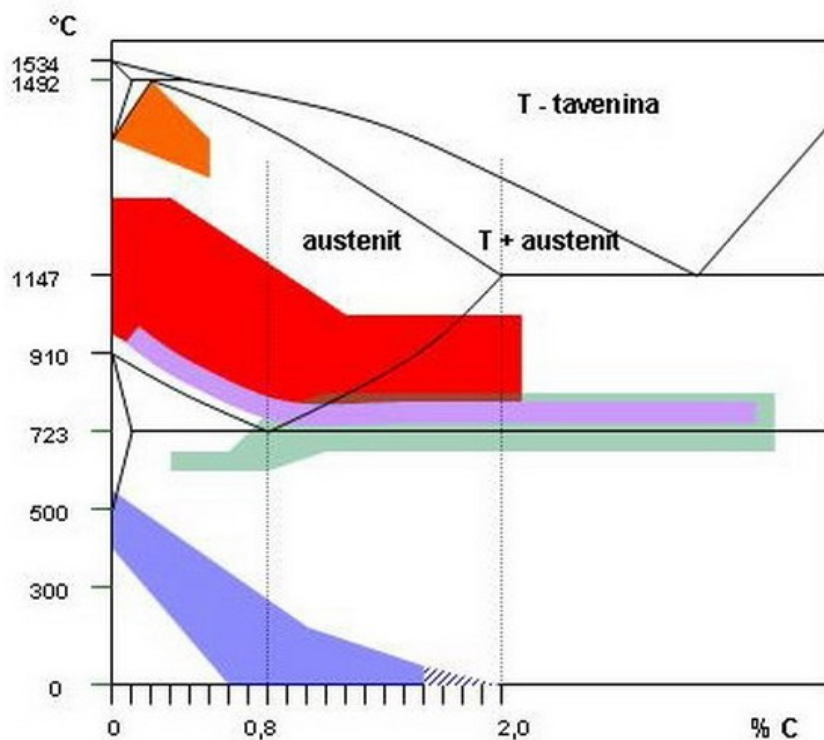
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE KOVÁNÍ

Kování je objemové tváření za tepla a touto metodou lze zpracovávat téměř všechny kovy. Provádí se úderem, nebo klidně působící silou. Tato technologie má za sebou bohatou historii starou několik tisíc let, kdy nástroji byly kovádlina a kladivo.

Jde o přetržitý způsob, u kterého dosahuje výkovek požadovaného tvaru. Jeho makrostruktura i mikrostruktura je příznivější a jeho celkové mechanické i fyzikální vlastnosti dosahují lepších hodnot.

Strojním kovááním lze kovat výkovky velkých rozměrů, a zároveň umožňuje podstatně zproduktivnit výrobu malých i středně velkých výkovků. Značný důraz je zde kladen na nízkou spotřebu materiálu, vysokou jakost tvářeného kovu, optimální přesnost, příznivý průběh vláken a ekonomiku výroby. [1]



Obr. 1. Kovací teploty (červené rozhraní) v diagramu Fe-Fe₃C [19]

1.1 Historie kování

Technologie kování prošla dlouhým vývojem a patří mezi nejstarší metody zpracování kovů různých druhů. Její počátky sahají do doby bronzové, přibližně 3000 let p. n. l. V té době lidé zjistili, že se kovy po jejich dostatečném zahřátí v ohni, stávají tvárnějšími. Prvními materiály, zpracovávanými volným ručním kovááním bylo zlato, stříbro, olovo, bronz,

měď a další. Ovšem v oblastech, kde se vyskytovala ložiska ryzí železné rudy, bylo prováděno první kování železa ještě mnohem dříve. Bylo to z důvodu, že primitivní výroba železa není zdaleka tak náročná, jako dobývání mědi z rud a následná výroba bronzu. [2]

Prvními výrobky byly různé pracovní nástroje, zbraně a dekorativní předměty. Výroba probíhala za tepla, nebo za studena. Za tepla spočívala v důkladném prohřátí zpracovávaného materiálu a následnými údery pracovního nástroje se materiál vytvaroval do požadovaného tvaru. Do našich krajin se kovářství dostalo asi před 2500 lety, s příchodem Keltů, kteří byli výborní kováři a zbrojři.



Obr. 2. Ruční výroba podkov [20]

K významnějšímu rozšíření kovářského řemesla začíná docházet od 17. století. V této době, se začala využívat energie vodního kola, které pohánělo tzv. „vodní hamr“. Ten nahradil ruční údery kováře mechanickými a mnohonásobně je zvětšil. Proto bylo možné kovat větší výkovky s mnohem menší námahou. [14]



Obr. 3. Vodní hamr [21]

Významným mezníkem ve vývoji kovárství je vynález parního stroje koncem 18. století a následná průmyslová revoluce. S rostoucí poptávkou po přesných ocelových výrobcích vzrůstal „ruku v ruce“ i počet kováren. Energií z vodního kola nahradila energie vodní páry. Ta sloužila k pohonu bucharů a lisů, buď napřímo, nebo hydraulicky.

Během 20. století dochází k neustálému pokroku v oblasti kování. Hnací energií kovacíh lisů a bucharů se stává elektrická energie, což umožnilo ještě masovější nasazení těchto strojů. S rostoucími znalostmi v oblasti metalurgie roste i kvalita výkovků, které se používají snad v každém odvětví strojírenství. [14]

Dnes mají výkovky největší zastoupení v oblasti automobilového průmyslu. To platí u nás i ve světě. Svou nenahraditelnost si výkovky získaly především pro své mechanické vlastnosti. Ty zajišťují bezpečný provoz ve všech strojích, kde jsou použity. V posledních letech je snahou českých kováren o co největší export jejich produktů. Kovárny se proto soustředí na zvyšování jakosti výkovků, získávání nových obchodních vazeb a co nejdůslednější plnění požadavků zákazníků. Tím může být například v praxi to, že kovárny po vykování výkovku zajistí i jejich obrobení do konečného tvaru. Dále dochází k renovacím a modernizacím kovacíh linek. [2], [16]



Obr. 4. Kovací linka Šmeral [22]

1.2 Rozdělení kování

Kování se dělí na volné a zápustkové. Volné kování se provádí buď na kovadlině, nebo pomocí univerzálních kovacích podložek. U zápustkového kování dochází k tvarování výkovku v dutině zápustky, která slouží jako nástroj. [1]

1.2.1 Volné kování

U volného strojního kování se používají různé typy strojů. Jsou to zejména lisy a buchary. U bucharů lze dosáhnout vyššího stupně prokování. To je dáno více údery jdoucích za sebou, kdy každý z nich proniká postupně do větší hloubky. Během kování s použitím bucharů vzniká na výkovech čistý povrch, což je způsobeno odpadáním okují z výkovku během jednotlivých úderů. Naproti tomu lisy působí klidným tlakem na materiál po celém jeho průřezu.

Problematika této technologie je dána vlivem tření mezi materiálem a třecími částmi nástroje. U dlouhých výkovků to způsobuje jejich vyboulení nebo soudečkovitost. Dalším problémem je různý stupeň prokování v různých oblastech výkovku, tzn. kovářský kříž. Tento fakt lze kompenzovat jeho otáčením. [1]



Obr. 5. Kovářský kříž

Charakteristickým znakem volně kovaných výkovků je jejich tvarové zjednodušení. Říká se tomu technologický přídavek. Kromě nich je ovšem nutné u kovaných výrobků ještě připočítat přídavky na obrábění, a to v náležitých tolerancích.

U této výroby se používá jednoduchých nástrojů, strojů a přípravků. K docílení požadovaného tvaru se užívá univerzálních kovadel a speciálního polohování výkovku. Kovadla mají jednoduché geometrické tvary a to zavinuje velké úchylny tvaru, hrubý a také nerov-

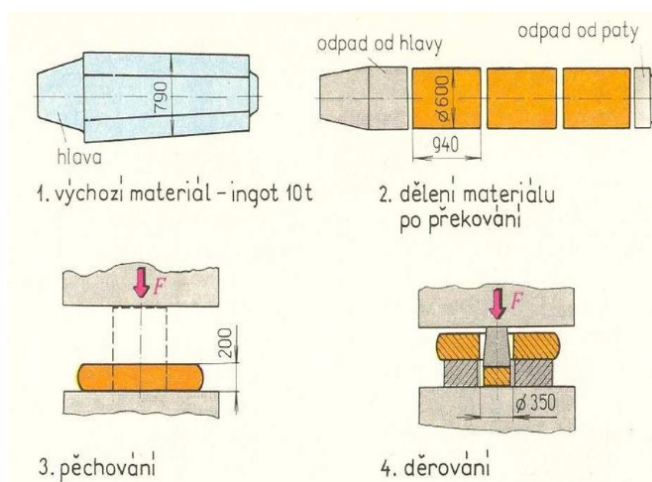
ný povrch. K připevnění kovadel ke stroji slouží jejich rybinové části. Výchozím materiálem jsou ingoty nebo předvalky. [1]



Obr. 6. Volné kování na stroji ŽĐAZ [23]

Mezi základní a typické operace volného kování patří pýchování. Tato operace není konstrukčně složitá a dochází k plastické deformaci materiálu mezi plochými nebo tvarovými pýchovadly. Na druhou stranu je energeticky a silově nejnáročnější. Je buďto přímou kovářskou operací při tvorbě plochých výkovků, nebo předběžnou. Ta slouží k dokonalému prokování materiálu, vhodnějšímu průběhu vláken a nižší anizotropii.

Volné kování není jen strojní, ale může být i ruční operací. Ta se využívá v kusové výrobě při opravách, údržbě a také při uměleckém kování. Používá se především pro výkovky malých rozměrů. [1]



Obr. 7. Schéma volného strojního kování

1.3 Zápustkové kování

Při zápustkovém kování je vyráběno velké množství tvarově stejných ocelových součástí, nebo jiných slitin z tvárných materiálů. Zápustky bývají většinou dvoudílné nástroje. Nejvíce namáhané části zápustek mohou být vyměnitelné. Jsou vyrobeny z kvalitnějších, odolnějších, ale také dražších materiálů, než tvoří zbytek nástroje. Říká se jim vložky, popřípadě hovorovým názvem „pupky“. [27]

Mezi hlavní přednosti zápustkového kování, patří jeho vysoká výkonnost a jednoduchá obsluha. Z hlediska výkvoů, dosahujeme vysoké přesnosti, kvalitního povrchu a vysokého stupně prokování. Průběh vláken zde sleduje obrys výkovku. Získanou přesnost lze zvýšit následnou operací - kalibrací. Nevýhodami této technologie jsou omezené rozměry výkovku při vysokých hmotnostech zápustek. [1] [3]



Obr. 8. Zápustkové kování [2]

1.3.1 Technologický postup výroby výkovku

Postup při výrobě výkovku zápustkovým kovááním se skládá z několika, po sobě jdoucích technologických operací. Pro dnešní kovárny jsou rozhodujícími faktory cena výkovku a jeho kvalita. Proto je kladen velký důraz nejen na co nejefektivnější využití všech pracovních linek, ale také na zvládnutí všech ostatních „mezioperačních kroků“.



Obr. 9. Schéma zápustkového kování

1.3.1.1 Příprava polotovaru – operace dělení

Hutní závody dodávají materiál z oceli daných jakostí v tyčovínách, nejčastěji kruhového nebo čtyřhranného průřezu. Těm se po jejich nadělení na potřebné rozměry říká polotovary. Nadělený materiál musí být v určitém poměru L/D. Důvodem je, aby nedošlo k jeho přílišnému namáhání na vzpěr, vznikající při pēchování. Provádí se na pásových pilách nebo na dělicích nůžkách. [3]



Obr. 10. Ustřižené polotovary

- Pásová pila – tato technologie je oproti dělicím nůžkám pomalejší a je nutné při ní počítat s odpadem. Objem odpadu odpovídá průřezu tyčoviny a tloušťce pilového pásu. Výsledná přesnost polotovaru je ovšem spolu s rovinností řezu, a kolmostí vůči podélné ose, mnohem vyšší. Toho se využívá tam, kde je potřeba přesného osazení pēchu do zápustek, aby bylo možné dosažení jeho symetrického tvaru.
- Dělicí nůžky – při této metodě lze dosáhnout vysoké produktivity dělení materiálu až do jeho vysokých průměrů. Při tomto procesu nevzniká, kromě počátečních a koncových částí tyčí, žádný odpad. Nevýhoda metody spočívá v nerovném povrchu po ostřžení. Využívá se tedy u zakázek s menšími nároky na přesnost.

Ke stanovení velikosti polotovaru je nutné určit jeho vsázkovou hmotnost. Ta musí být větší, než je hmotnost budoucího výkovku. Díky tomu může dojít k celkovému vyplnění dutiny zápustky a dotečení všech částí výkovku. Přebytečný materiál, který unikne, se nazývá výronek a stává se odpadem. V dnešní době, při kování velkých sérií, je z ekonomických důvodů kladen velký důraz na co nejnížší vsázkovou hmotnost. [3]

1.3.1.2 Příprava polotovaru – ohřev

K ohřevu polotovarů dochází v induktorech, kde jsou za pomoci elektromagnetické indukce zahřáty na kovací teploty. Ty se pohybují v rozmezí 800 až 1300 °C. Induktory jsou již součástí kovacích linek. Polotovary po dosažení požadované teploty, jsou dále ručně, nebo za pomoci robota, předávány do kovacího lisu. [3], [15]

1.3.1.3 Pěchování

Ohřáté polotovary jsou často pěchovány nebo válcovány. Materiál je již při této operaci zhutněn a výsledný tvar pěchu lépe pokryje tvar dutiny zápustky. Pokud, je potřeba dosáhnout již při této operaci částečného tvaru pěchu, lze použít tvarové pěchovací zápustky. V tomto případě se jedná o tvarové pěchování. Při pěchování je polotovar taktéž zbaven okují. Okuje jsou okysličené plátky kovu. Pěchování probíhá buďto přímo na kovacím lisu. Z ekonomických důvodů může být také prováděno na lisu externím, který je celkově slabší a méně výkonný. [3]



Obr. 11. Pěch tvaru „na hřib“

1.3.1.4 Předkování

Po pěchování následuje buďto přímo dokování do výsledného tvaru, nebo mezioperace zvaná předkování. To je vyžadováno hlavně u složitých tvarů výkovku a u materiálů se špatnou zatékavostí. Dutina předkovací zápustky má již zpravidla přibližný tvar budoucího výrobku. Na první pohled má, v porovnání s dokovací, předkovací dutina užší a zjednodu-

šený tvar s většími rádiusy. Technologie kování tvarově složitých výkovků velmi záleží na správném navržení předkovku a určuje jeho kovatelnost. Každá kovárna si proto toto svoje „know-how“ velice chrání. [3], [15]



Obr. 12. Předkovek

1.3.1.5 Dokování

Při této operaci dosahuje výkovek již konečných rozměrů. U navrhování výkovku je nutné vycházet z výkresu obrobku. U obráběných ploch je nutné počítat s přídávky na jejich obrábění. Dalším faktorem je správná volba dělicí roviny. Ta se nachází v největším průřezu výkovku. V ideálním případě je dělicí rovina rovná, ale u tvarově složitých součástí bývá často zalomená. Při návrhu výkovku je nutné taktéž počítat s návrhy úkosů a zaoblením hran. Úkosy jsou dány normou a slouží ke správnému odformování výkovku. Žádná hrana výkovku nesmí být ostrá, protože by výkovek nedotékal a docházelo by k enormnímu zatěžení a následnému praskání zápustek. [3], [15]



Obr. 13. Výkovek po ostřížení a děrování

1.3.2 Kovací a předkovací zápustky

Zápustky jsou nástroje pro zápustkové kování. Jsou vyrobeny z nástrojové oceli frézováním nebo soustružením. Lze ale použít i kombinaci konvenční a nekonvenční technologie. Z důvodu vysokého tření během kování, je důležitou součástí jejich tepelná úprava. Ta slouží k dosažení vysoké tvrdosti pohybující se kolem 50 HRC.

Dutina zápustek je zvětšena o hodnotu smrštění výkovku. Po obvodu tvaru v zápustce vzniká hrana, která je zaoblená. Nazývá se vtokový rádius nebo vtoková hrana. Tvar výkovku je ze zápustky částečně vysunut o hodnotu stanovenou konstruktérem. Tím vzniká vůle mezi spodní a horní zápustkou, které se říká výška můstku. [3]



Obr. 14. Zápustka po renovaci

2 KONVENČNÍ METODY OBRÁBĚNÍ

Konvenční metodou obrábění se rozumí obrábění nástrojem s definovanou geometrií. Řadí se mezi jednu z nejstarších výrobních metod. Jeho vývoj je založen na mnoha poznatcích. Jsou to vědecké poznatky, které lze získat experimentálním výzkumem úběru materiálu. Velkou měrou ale přispěly i praktické zkušenosti. Zásadní podíl má také vývoj řezných materiálů a obráběcích strojů s jejich automatizací.

Konvenční obrábění lze charakterizovat jako technologický proces, kde požadovaný tvar a rozměr výrobku vzniká postupným odebíráním materiálu řezným nástrojem z výchozího polotovaru. Základ této technologie tvoří relativní pohyb mezi materiálem (obrobkem) a nástrojem (břitem). Část nástroje, která řeže, nazýváme řeznou hranou, neboli ostřím. Pohyb, který vůči sobě vykonává obrobek a nástroj, nazýváme řezným pohybem.



Obr. 15. Konvenční metoda obrábění - soustružení

Řezný pohyb se dále dělí na vedlejší a hlavní. Na hlavním pohybu je spotřebována převážná část příkonu stroje a umožňuje oddělení alespoň jedné třísky materiálu. Vedlejší pohyb zajišťuje plynulost oddělování třísek z obrobku. Dělí se na posuv a přísuv. Posuv je pohyb obrobku vůči nástroji ve směru obrobku a umožňuje plynulé oddělování třísek. Přísuv umožňuje přestavení obrobku vůči nástroji a nastavování hloubky řezu. Je veden mimo záběr nástroje (mimo obrobek). Aktivním činitelem řezného procesu je řezný nástroj. Ten se skládá s těla a břitu. Břit nástroje tvoří tzv. klín, který je ohraničen čelem, hřbetem a vedlejším hřbetem. [10], [12]

2.1 Základní metody nekonvenčního obrábění

Mezi základní metody obrábění nástroji s definovanou geometrií břitu patří: soustružení, frézování, vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování, vyvrtávání, hoblování, obrážení, protahování a protlačování. Tato diplomová práce bude zaměřena na frézování a soustružení.

Tab. 1. Dosahované hodnoty drsnosti a přesnosti pro dané operace

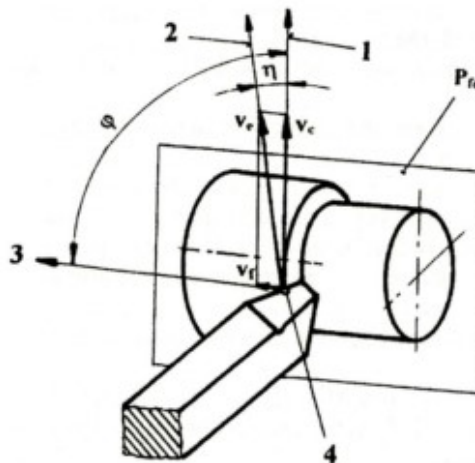
Metoda obrábění		Přesnost rozměrů IT		Drsnost povrchu Ra [μm]	
		střední	rozsah	střední	Rozsah
<i>Vnější rotační plochy</i>	<i>Soustružení</i>				
	hrubování	13	11 až 14	25	12,5 až 50
	dokončování	10	9 až 11	3,2	1,6 až 12,5
	jemné slnutým karbidem jemné - diamantem	8 6	7 až 9 5 až 7	0,8 0,4	0,4 až 1,6 0,2 až 0,8
<i>Vnitřní rotační plochy</i>	<i>Soustružení</i>				
	hrubování	12	11 až 13	25	12,5 až 50
	dokončování	10	9 až 12	3,2	1,5 až 12,5
	<i>Vrtání šroubovým vrtákem</i>				
	bez vedení	13	12 až 14	6,3	6,3 až 25
	s vedením	12	10 až 13	3,2	3,2 až 25
	<i>Vyhrubování</i>	9	9 až 11	3,2	1,6 až 3,2
	<i>Vystružování</i>	8	7 až 9	0,8	0,8 až 3,2
	<i>Zahlubování</i>				
	hrubování	12	11 až 14	3,2	1,6 až 12,5
	dokončování	9	7 až 10	1,6	1,6 až 6,3
	<i>Vyvrtávání</i>				
	hrubování	12	11 až 14	25	12,5 až 50
	dokončování	10	9 až 11	3,2	1,6 až 6,3
jemné slnutým karbidem jemné - diamantem	6 5	5 až 8 4 až 7	0,8 0,4	0,4 až 1,6 0,2 až 0,8	
<i>Protahování</i>					
hrubování	8	7 až 8	1,6	0,8 až 3,2	
dokončování	7	5 až 7	0,4	0,1 až 0,8	
<i>Rovinné plochy</i>	<i>Frézování</i>				
	hrubování	12	10 až 13	25	12,5 až 50
	válcovou frézou	10	9 až 11	3,2	1,6 až 6,3
	dok. válcovou frézou	11	10 až 13	25	12,5 až 50
	hrub. nožovou hlavou	9	8 až 9	3,2	0,8 až 6,3
	dok. nožovou. hlavou	6	5 až 7	0,8	0,4 až 1,6
	jemné - slnutým karbidem				
	<i>Hoblování</i>				
	hrubování	12	12 až 13	50	25 až 100
	dokončování	10	9 až 11	6,3	3,2 až 12,5
jemné	9	7 až 10	1,6	0,8 až 1,6	

2.2 Soustružení

Jedná se o třískové obrábění nástrojem, s jedním geometricky určeným ostřím, při otáčivém hlavním řezném pohybu. Otáčivý pohyb vykonává obrobek. Pouze při čelním soustružení a vnitřním soustružení vrtacími tyčemi (např. na vodorovných vyvrtávačkách nebo otočných vrtačkách), provádí otáčivý pohyb nástroj. [12]

2.2.1 Dělení soustružnických operací

- dle směru posuvu soustružení válcových ploch a čelního soustružení
- dle obráběného místa na obrobku: vnější a vnitřní soustružení
- dle postupu soustružení: soustružení válcových ploch, soustružení kuželových ploch, čelní soustružení, tvarové soustružení, profilové soustružení [2]



Obr. 16. Schéma soustružení [26]

1 – hlavní pohyb (směr) – řezná rychlost v_c 2 – posuvový pohyb (směr) – rychlost posuvu v_f 3 – řezný pohyb (směr) – rychlost řezného pohybu v_e 4 – uvažovaný bod ostří, φ - úhel posuvového pohybu, η - úhel řezného pohybu, P_{fc} – pracovní boční rovina

2.2.2 Parametry při soustružení

Proces soustružení a následnou kvalitu obrobku ovlivňuje celá řada faktorů. Přestože v dnešní době výrobci soustružnických nástrojů a plátek doporučují ideální parametry pro obrábění široké škály materiálů, je pořád tento proces velmi ovlivněn zkušenostmi operátora daného stroje. Zde je výčet základních parametrů ovlivňujících soustružení.

2.2.2.1 Posuv a průřez třísky

Posuv s je dráha v milimetrech, kterou urazí břit nástroje za jednu otáčku obrobku v podélném, nebo příčném směru. Velikost průřezu třísky S v mm^2 vyplývá z hloubky řezu h a posuvu s . Hloubka řezu závisí na tvaru a rozměrech obrobku.

2.2.2.2 Řezná rychlost a otáčky

Řezná rychlost je rychlost v m/min . Touto rychlostí se pohybuje obvod obrobku podél břitu nástroje (rychlost odběru třísky). [12]

Řezná rychlost vysoká

Výhoda: krátká doba výroby, nízké náklady

Nevýhoda: nástroj se rychle otupí a musí být často ostřen

Řezná rychlost malá

Výhoda: dlouhá trvanlivost nástroje

Nevýhoda: delší doba výroby obrobku, můžou vznikat nárůstky

Velikost řezné rychlosti se řídí podle:

- Materiálu obrobku
- Materiálu nástroje (rychlořezná ocel, slinutý karbid)
- Velikosti posuvu (kvalita povrchu, hrubování, hlazení)
- Trvanlivosti břitů nástroje

2.2.2.3 Řezné materiály

Při užití jsou řezné materiály vystaveny vysokým mechanickým a teplotním zatížením. Proto je důležité, aby měly tyto vlastnosti:

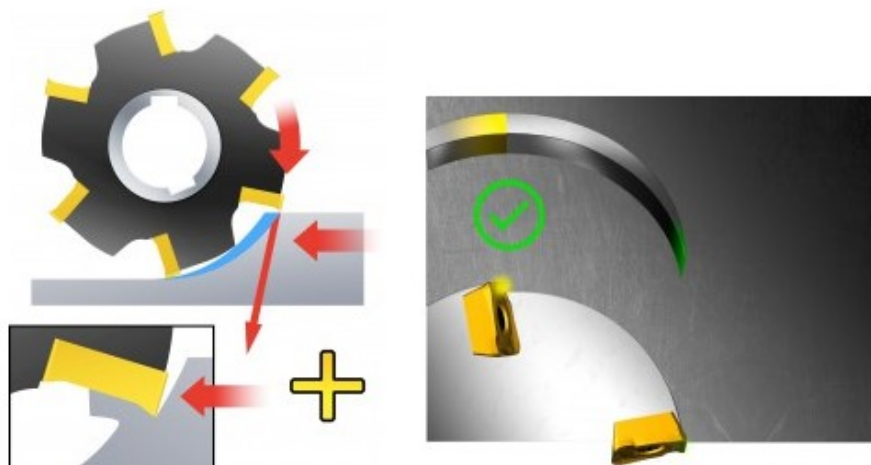
- Tvrdost při vyšších teplotách
- Pevnost v tlaku
- Houževnatost, pevnost v ohybu
- Odolnost vůči opotřebení, chemickou stálost (odolnost vůči oxidaci a difuzi)
- Řezivost (schopnost udržet ostrý břit při obrábění řezáním)
- Odolnost vůči změnám teploty (schopnost vydržet určité teplotní změny) [10], [11]

2.3 Frézování

Při frézování se materiál obrobku odebírá břity otáčejícího se nástroje. Posuv nejčastěji koná obrobek, a to převážně ve směru kolmém k ose nástroje. U moderních frézovacích strojů jsou posuvné pohyby plynule měnitelné a mohou se realizovat ve více osách. Řezný proces je přerušovaný. Každý zub frézy odřezává krátké třísky proměnné tloušťky. Rozlišujeme dva způsoby frézování. Je to sousledné a nesousledné. [10]

2.3.1 Sousledné frézování

U sousledného frézování, tzv. shora, je tříška nejsilnější těsně po uvedení zubu nástroje do záběru. Tloušťka třísky se posléze postupně ztenčuje, až dosáhne svého minima v místě, kde zub opouští obrobek. Smysl rotace nástroje je ve směru posuvu obrobku. Obrobená plocha se vytváří, když zub vychází ze záběru. Řezné síly obvykle působí směrem dolů. [10], [11]



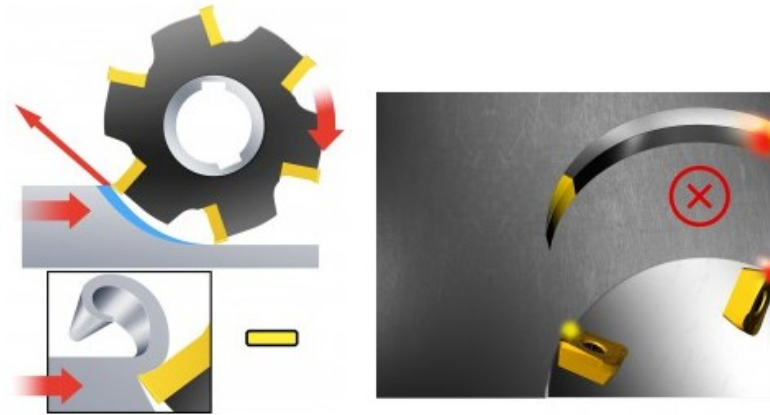
Obr. 17. Sousledné frézování [25]

2.3.2 Nesousledné frézování

Při frézování nesousledném se tloušťka třísky mění z nulové hodnoty na hodnotu maximální. Smysl rotace nástroje je proti směru posuvu obrobku. Vnikáním nástroje do obrobku vzniká obrobená plocha. Řezná síla většinou působí ven z obrobku, kde se ho snaží odhalovat od stolu.

Při frézování nesousledném (zdola), se tloušťka třísky mění z nulové hodnoty, na hodnotu maximální. Smysl rotace nástroje je proti směru posuvu obrobku. Obrobená plocha vzniká

při vnikání nástroje do obrobku. Řezná síla většinou působí ven z obrobku a snaží se ho oddalovat od stolu. [11]



Obr. 18. Nesousledné frézování [25]

3 ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ

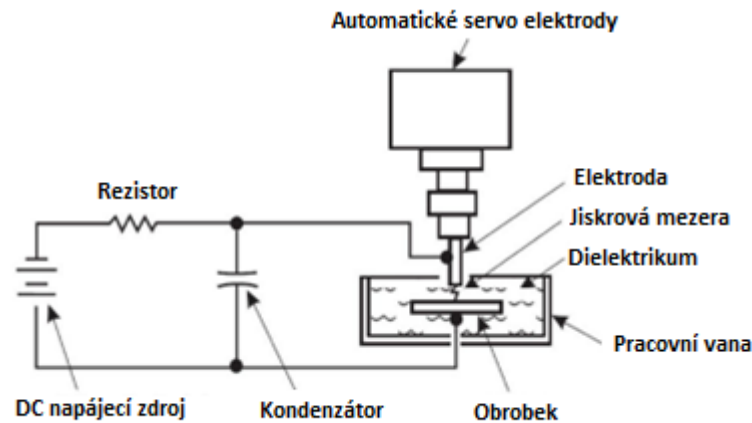
V současné době je stále větší požadavek na strojní součásti, aby dosahovaly co nejlepší přesnosti, s co nejvyšší kvalitou povrchu. Klasickými konvenčními metodami dokážeme tyto požadavky splnit, ale výroba velmi přesných součástí obtížná je mnohdy obtížná a nákladná. Proto strojírenské firmy, které chtějí tyto požadavky co nejefektivněji splnit, použijí nekonvenčních způsobů obrábění. Nekonvenční metody nevyužívají k obrábění princip mechanického úběru materiálu. Ten je uskutečněn pomocí fyzikálního nebo fyzikálně-chemického principu obrábění. [4]



Obr. 19. Elektroerozivní obrábění

3.1 Historie elektroerozivního obrábění

Nekonvenční metoda úběru materiálu elektrickou jiskrou byla objevena v tehdejším SSSR a v USA ve 40. letech minulého století téměř současně. V SSSR má vznik této technologie prvopočátek v problematice rozdělovačů spalovacích zážehových motorů, kde jejich spolehlivost ve vojenských vozidlech nebyla vysoká. Elektrody rozdělovače bývaly často poškozeny vlivem jiskření, což bylo nepřijatelné. Univerzitní profesori, manželé Dr. Boris a Dr. Natalya Lazarenkovi z ústavu elektrotechniky, zkoumali na základě těchto poznatků, zda životnost elektrody může být prodloužena potlačením jiskry v rozdělovači. Ten byl během experimentu ponořen do oleje. Olej částečně jiskru potlačil, a proto jiskra a vydrolování byly pravidelné a předvídatelné. [4], [5]



Obr. 20. Schéma elektroerozivního obrábění

Manželé Lazarenkovi tento jev rozvinuli a položili tím základ k dalšímu rozvoji elektroerozivního obrábění. Vyvinuli elektrický obvod s použitím RC součástek a servo systémů. Ten udržoval konstantní vzdálenost mezi obrobkem a elektrodou. Princip vyvinutý manželi Lazarenkovými během 2. světové války, se stal modelem pro elektroerozivní stroje, vyráběné později v Evropě i Japonsku.

3.2 Princip elektroerozivního obrábění

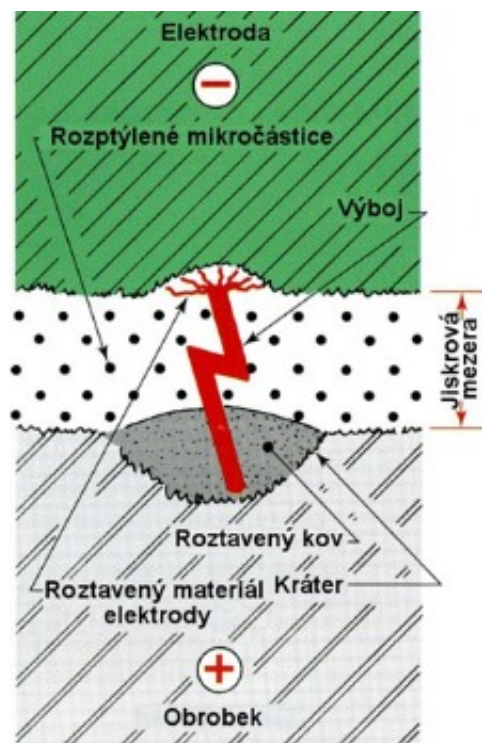
Elektroerozivní obrábění je technologický proces, při kterém dochází k úběru materiálu vlivem elektrické energie. Konkrétněji za pomoci rychle se opakujících periodických impulsů jiskrového výboje, v prostoru kapalného média, tzv. dielektrika. Z materiálu jsou takto odtavovány a odpařovány velmi malé částice v podobě malých dutých kliček. Tímto způsobem vzniká mezi obráběným materiálem a nástrojem mezera. Nežádoucí částice, vznikající vlivem elektrolyzy, jsou následně odplavovány dielektrickou kapalinou z prostoru této mezery. Obrobek a nástroj se považují za elektrody. Nutnou podmínkou proběhnutí výboje mezi oběma elektrodami je elektrická vodivost materiálu nástroje i obrobku. Nástroj je tedy umístěn v těsné blízkosti obrobku, ale není s ním v kontaktu. [5]

Dřívější rozdělení metod elektroerozivního obrábění bylo dle druhu elektrického výboje (jiskra, nebo oblouk), dle parametrů obrábění a zdrojů impulsního toku. Dnes už se však elektroerozivní obrábění dělí jen podle jeho technologických možností na:

- hloubení nebo tvarové elektroerozivní obrábění EDM (Sinking)
- broušení EDG (Electrical Discharge Grinding)
- drátové řezání WEDM (Wire Electrical Discharge Machining)

Fyzikální proces vzniku elektrického výboje a následný úběr materiálu, který je mezi dvěma elektrodami, má velmi komplexní průběh. Stejnoseměrné napětí, přiváděné do obvodu, vytváří v krátkých impulsích výboj mezi katodou (nástrojem) a anodou (obrobkem). Ty jsou v určité vzdálenosti od sebe. Vzdálenost těchto dvou elektrod mezi sebou se nazývá jiskrová mezera. Velikost jiskrové mezery se pohybuje v rozmezí od 0,01 až 0,4 mm. Teoreticky každý impuls mezi anodou a katodou vyvolá jiskrový výboj. Teplota jiskrových výbojů se pohybuje kolem 1000 °C za 0,1 až 0,01 ms. Tím vznikají v těsné blízkosti výboje způsobující natavení a dokonce odpaření kovu z anody i katody. Natavený kov je pak vymršťován a odváděn dielektrikem, za pomoci elektrodynamických sil. V místě výboje je vytvořen kráter. [7]

Pokud je tento kráter vytvořen pouze jediným výbojem, je považován za kulový segment, charakterizující se průměrem a hloubkou. Nástroj je neustále přibližován k ploše obrobku, kde vytváří kmitavý, posuvný nebo planetový pohyb. Děje se tak nejčastěji za pomoci počítačem řízených strojů. Díky pravidelným pohybům se stabilizují podmínky pro jiskrový výboj. Tím se zdokonaluje odstraňování vznikajících mikročástic a usnadňuje se tím i výměna dielektrické kapaliny nacházející se v jiskrové mezeře. [7]



Obr. 21. Schéma EDM [24]

3.3 Provozní charakteristiky procesu

Parametry charakterizující proces elektroerozivního obrábění:

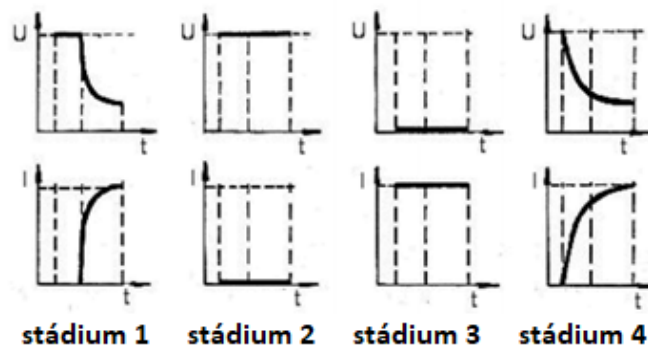
- Obráběcí stroj – jeho tuhost a řídicí systém, kapacita průtoku dielektrika.
- Dielektrická kapalina – její chemické složení a fyzikální vlastnosti, vzdálenost mezi elektrodami.
- Elektrické podmínky vzniku výboje – energie impulsu a frekvence výboje, doba trvání výboje.
- Nástrojová elektroda – její chemické a fyzikální vlastnosti, tvar a rozměry.
- Materiál obrobku – jeho chemické a fyzikální vlastnosti, výsledný tvar a rozměry

Tab. 2. Charakteristika materiálů nástrojových elektrod

Materiál	Charakteristika
Grafit	Nejčastěji používaný materiál, je dobře obrobitelný a vykazuje nízké opotřebení. Nevýhodou je znečišťování hloubicího stroje.
Měď	Má dobrou elektrickou vodivost, vykazuje nízké opotřebení. Jsou vhodné pro obrábění karbidu wolframu. Dosahovaná drsnost povrchu obrobene plochy je lepší než $Ra = 0,5 \mu\text{m}$.
Měď - wolfram a stříbro - wolfram	Jde o drahé materiály. Používají se pro výrobu elektrod na hluboké drážky. Jsou vyráběny slinováním wolframu s mědí nebo stříbrem.
Měď - grafit	Jelikož tento materiál je asi 1,5 až 2× dražší než grafit, používá se pro obrábění karbidu wolframu.
Mosaz	Levný a snadno obrobitelný materiál, vykazuje vysoké hodnoty opotřebení.
Wolfram	Pro výrobu malých děr, $\varnothing D < 0,2 \text{ mm}$.

3.3.1 Regulace přísuvu nástrojové elektrody

K zásadnímu parametru elektroerozivního procesu patří velikost jiskrové mezery. Regulaci nástrojové elektrody a nastavení pracovní mezery zajišťuje vlastní servomechanismus. Ten má za úkol nastavování optimální vzdálenosti mezi elektrodou a obrobkem. Tím se zajistí plynulý erozivní úběr. Pokud je mezera příliš malá, dochází ke zkratům a světelným výbojům. Je-li naopak příliš velká, obvod se rozevírá a nedochází k výboji. [6]



Obr. 22. Napěťové a proudové situace při EDM

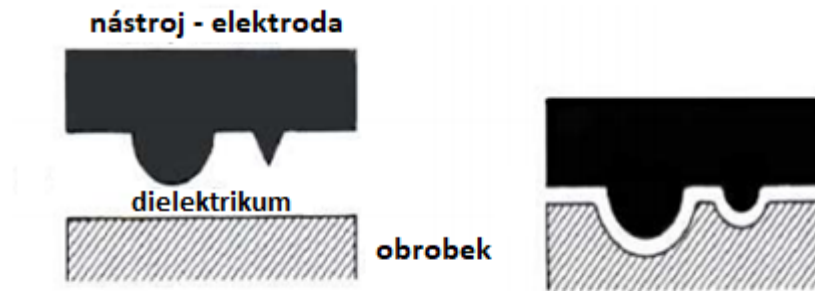
stádium 1 – pracovní optimální podmínky hloubení

stádium 2 – chod naprázdno bez výboje v pracovní mezeře. Zapříčiňuje to velká pracovní mezera, nebo vysoký přivedený tlak dielektrika. Regulační elektronika detekuje nulovou hodnotu proudu v jiskřišti

stádium 3 – vznik zkratu. Regulační elektronika detekuje pokles napětí na velmi nízkou hodnotu. Důvodem bývá přímý kontakt elektrod s obrobkem, vlivem špatného odvedení částic

stádium 4 – vznik světelných výbojů. Protože je hodnota zpoždění výboje nulová, regulační elektronika vyhodnotí vznik světelného výboje. Způsobuje to nedostatečná deionizace dielektrika, nebo přílišné znečištění, což vede k nárůstu drsnosti a opotřebení nástrojové elektrody. Znečištění dielektrika je zapříčiněno špatnou konstrukcí vyplachování pracovní mezery

Protože není posuv nástrojové elektrody konstantní, nemůže být ani proces odebrání materiálu konstantní. Pokud by se jednalo o ideální stav, tak by se rychlost odebíraného materiálu musela rovnat úměrně rychlosti posuvu elektrody. Může nastat situace, kdy řídicí systém může vyhodnotit příliš vysokou hodnotu napětí U . To znamená, že pracovní mezera mezi katodou a anodou je příliš velká a zrychlí posuv elektrody. V opačném případě, při příliš malé mezeře a nízké hodnotě napětí, operační systém stroje vyhodnotí situaci a zastaví přísuv elektrody do záběru. Pokud systém vyhodnotí, že se dosáhlo optimální velikosti mezery, začne posunovat elektrodu opět do záběru. [7], [8]



Obr. 23. Tvar elektrody vůči výrobku

3.4 Kvalita opracovaného povrchu

Elektroerozivní obrábění vymezuje oblast použití díky vzniku povrchové struktury a dosažené drsnosti povrchu po obrobení. Obecně lze říci, že nejlepší kvalita povrchu je dosahována při nižších hodnotách proudu, krátkých impulzech a vysokých frekvencích pulzů. Kvalitní povrch je svázán se zvýšeným opotřebením nástrojové elektrody, rostoucí energií výbojů a stavem povrchové vrstvy. [8]

Tab. 3. Dosažené drsnosti metodou EDM

způsob obrábění	dosažitelná přesnost (mm)	dosažitelná drsnost povrchu Ra (μm)
opracování na hrubo, impulzní zdroje, velká energie výboje (hloubení)	($\pm 0,02$) až ($\pm 0,5$)	Ra > 6 μm Rz $\approx 25 \mu\text{m}$
normální opracování, impulzní zdroje	($\pm 0,01$) až ($\pm 0,02$)	Ra > 2 – 6 μm Rz $\approx 8 – 25 \mu\text{m}$
jemné a velmi přesné obrábění, vysokofrekvenční zdroje, řezání drátkovou elektrodou	($\pm 0,005$) až ($\pm 0,01$)	Ra > 0,8 – 2 μm Rz < 6 μm
elektroerozivní leštění (přesné řezání drátkovou metodou)	až $\pm 0,002$	Ra = (0,1); 0,2 – 0,8 μm Rz < 2,5 – 4 μm

Obecně platí předpoklad, že se zvyšující se vybíjecí energií, roste i spotřeba odebíraného materiálu. Vznikají tak větší krátery a proces erodování je rychlejší. Zrychlující proces však negativně snižuje přesnost a jakost povrchové plochy.

Vzniklý povrch po EDM technologii se značně liší od klasického povrchu po obrobení konvenčními technologiemi. Při použití konvenční technologie zůstávají na povrchu stopy po břitovém nástroji. Při použití EDM technologie zůstávají mikroskopické krátery vzniklé po výbojích. Drsnost povrchu po elektroerozivním obrábění má vlastní stupnici kvality povrchu – VDI. Neudává se dle střední aritmetické úchytky profilu Ra (μm) dle ČSN ISO 4287-1. [8]

4 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ

Počátkem padesátých let minulého století se začala od základů měnit strojírenská výroba. Důvodem změn byl nástup počítačově řízených NC strojů. Ty lze přizpůsobovat požadavkům ve výrobě pouhou změnou vstupních dat. Data byly zadávány jako alfanumerické znaky. Konvenční stroje byly automaticky řízeny mechanickými, pneumatickými, nebo hydraulickými systémy, popřípadě jejich kombinací. Program dané součásti byl tvořen systémem vaček s drážkovými křivkovými bubny, tvarem šablon, seřízením narážek a podobně. [17]

Dnešní číslicově řízené stroje jsou ovládány programy, zadávanými nejlépe po síti. Tento způsob řízení strojů je úzce spjat s rozvojem výpočetní techniky a umožňuje rozsáhlé ekonomické a technologické možnosti. V dnešní době se z tohoto důvodu rozlišuje již několik generací těchto strojů a jejich řídicích systémů. Tyto stroje mají společný rys, a to je jejich vyšší cena oproti klasickým. S tím souvisí i vyšší cena provozu stroje za hodinu. Ovšem ta je vyvážena nesrovnatelně vhodnějšími a rychlejšími technologickými postupy, které se neustále zlepšují. [17]

4.1 Ruční programování NC strojů

S výskytem prvních NC řízených strojů, byl vyvíjen i systém určený k jejich programování. To probíhalo za pomoci výpočetní techniky, kdy byla snaha obrábět matematicky definované křivky. Šlo především o frézky, které konaly tři na sebe kolmé přímočaré pohyby (osy). Jednoduché tvary bylo možno programovat sestavením programu po větách a vyděrování v daném kódu na osmistopou dálkopisnou papírovou pásku. Ta byla v počátcích NC programování používána velmi často. [17]

4.2 Ruční programování CNC strojů

Toto programování vycházelo ze zvyklostí NC strojů. Zápis programu byl prováděn taktéž do tabulky, která byla ale editována na monochromatické obrazovce. Další změnou bylo, že do programu bylo možné vepsat další řádky se stejným číslem jako opravená věta. [17]

4.3 Strojní programování

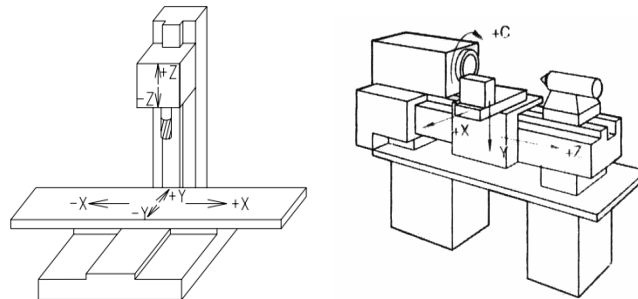
Ruční programování však v mnoha případech ve výrobě nevystačí. To se týká zejména složitých tvarů. Proto je u nich výhodné vygenerovat NC program přímo v CAMu (Computer Aided Manufacturing). Dnešní trh nabízí celou škálu programů pro generování pro-

gramů a není proto snadné určit, který program bude pro danou firmu nejvýhodnější. Jejich ovládání bývá většinou založeno na podobných principech, ale jejich technologické možnosti jsou rozdílné.

Tyto softwary bývají členěny na dva programové balíky. Jsou jimi procesor a postprocesor. Procesor se volí dle typu používané technologie a generuje CL data (Cutter Location data). Tato data jsou transformována pomocí postprocesoru do formátu podporovaného řídicím systémem daného obráběcího stroje. Pro výpočty CAMu je nutné zadat také zdrojová data, která se dělí na geometrickou a technologickou část. Tato část, se nazývá partprogram. Geometrická část partprogramu definuje rozměry polotovaru, obrobku a jejich vzájemnou polohu vůči sobě. Technologická část popisuje technologii obrábění, polohu výchozího bodu atd. [18]

4.4 Souřadné systémy CNC strojů

Ke správnému určení polohy a dráhy nástroje je nutno přesně určit souřadný systém stroje. Pro frézky tvoří základ pravoúhlá souřadná soustava, která tvoří osy X, Y, Z. U soustruhů jsou to osy X, Z. Ty jsou rovnoběžné s vodícími plochami stroje. [18]



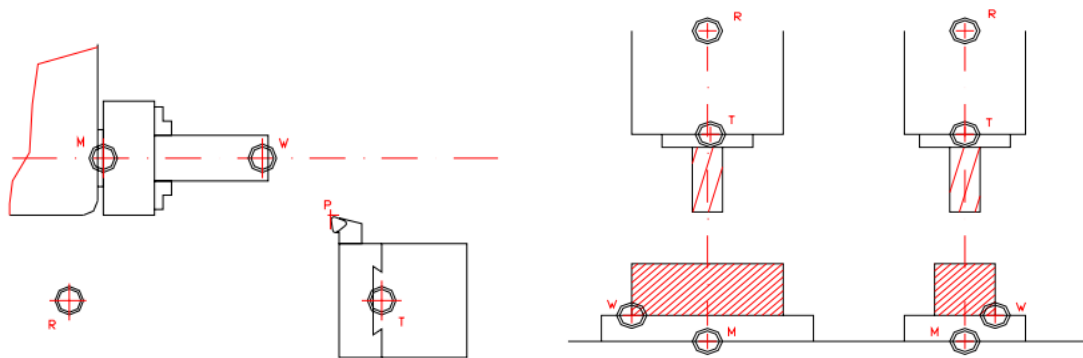
Obr. 24. Osová soustava frézky (vlevo) a soustruhu (vpravo)

4.5 Vztažné body u CNC strojů

Každý CNC stroj má ve svém pracovním prostoru definovány, tzv. vztažné body. Ty umožňují určit vzájemnou polohu mezi obrobkem a nástrojem.

- M – tvoří absolutní počátek souřadného systému stroje, určuje jej výrobce a uživatelem jej nelze změnit
- R – referenční bod – poloha saní, která je pevně určena koncovými spínači, a to ve všech řízených osách. Je zařazen do NC kódu a slouží k přesnému nastavení odměřovacího systému stroje. Jeho definování je nutné po každém zapnutí stroje

- W – nulový bod obrobku, nebo také jeho počátek. Jeho polohu volí programátor vzhledem ke konstrukčním a technologickým parametrům obrobku
- T – vztažný bod upínače nástrojů – bod na upínací ploše nosiče nástroje, nutno provést pro každý nástroj. Jedná se o rozdíl mezi špičkou nástroje P a bodem T
- P – výchozí bod nástroje – nástroj v tomto bodě začíná vykonávat pracovní pohyb a po ukončení NC programu se vrací do tohoto bodu [18]



Obr. 25. Vztažné body pro CNC soustruhy a frézky

4.6 CNC program

Jedná se o soubor technologických a geometrických informací. Ty vyžaduje řídicí systém obráběcího stroje. NC (numerical control) program je zapsán do jednotlivých bloků, kdy každý blok má své číslo. Program lze vytvořit přímo na stroji, nebo jej lze vygenerovat z CAD/CAM pracoviště do řídicího počítače. Při tvorbě programů na CAD/CAM pracovišti, lze program graficky simulovat a zjistit jeho dráhu, aby se zamezilo případným chybám a kolizím. NC program lze snadno měnit a editovat. [18]

4.6.1 CNC program – složení

- **Geometrické informace**
Způsob pohybu nástroje tj. pracovní posuv a rychloposuv
Dráha nástroje – přímka nebo kruhový oblouk
- **Technologické informace**

Velikost posuvu, otáčky vřetena (jejich velikost, směr a vypnutí), výměnu nástroje, včetně jeho korekcí, zapnutí a vypnutí chlazení, konec podprogramu a konec programu.

4.7 Struktura CNC programu

CNC programy (Computer Numerical Control) tvoří bloky, nebo též nazývané věty. Ke každému bloku patří pořadové číslo a skládá se z jednotlivých příkazů, nazývaných také slovy.

N10	G00	X30	Y-40	Z50	
N20	G01	X40	Y-50	Z50	F80

Obr. 26. Blok v CNC programu

5 SHRNUTÍ A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE

Diplomová práce se zaměřuje na problematiku renovace kovacích a předkovacích zápustek. Jejich životnost se pohybuje v řádu několika tisíc vykovaných kusů. Závisí na materiálu, z jakého jsou vyrobeny, dále na tepelném zpracování, na způsobu kovací technologie a na tvaru a materiálu výkovku. Po překročení životnosti se zápustka renovuje buďto jejím snížením o několik milimetrů, nebo návarem s následným „doděláním tvaru“. V praxi se používají v podstatě dva druhy renovace zápustek. Je to metoda konvenčního obrábění, nebo elektroerozivního obrábění. Celkový počet renovací, než dojde k ukončení životnosti zápustek, se liší dle jejich konstrukčního řešení a dle složitosti tvarové dutiny.

Teoretická část se zaměřuje na popis samotné technologie kování. Dále na metodu konvenčního obrábění spolu s jejím programováním, a na metodu nekonvenčního obrábění, konkrétně na elektroerozivní obrábění.

Cílem praktické části je konstruování kovacích i předkovacích zápustek dvou tvarově rozdílných typů výkovků. První z nich má hluboký a úzký tvar a druhý je naopak plytký. Následuje CNC programování zápustek konvenčními technologiemi obrábění. Po vytvoření programu proběhne generování nástrojových a seřizovacích listů. Posledním cílem je cenové srovnání konvenčních a nekonvenčních metod, použitých pro renovaci. Finanční podklady pro renovaci obou způsobů dodala firma Kovárna VIVA a.s. a Alper a.s. Tato analýza bude sloužit ke stanovení vhodnější technologie použité pro renovace.

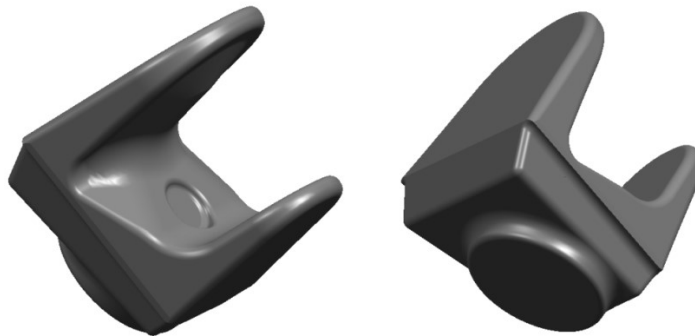
II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 VOLBA VHODNÝCH VÝKOVKŮ

Po konzultaci s vedoucím konstrukce ve firmě Kovárna VIVA a.s., byly vybrány dva výkovky, jejichž tvary, spolu s vysokou roční obrátkovostí, jsou pro daný výzkum vhodné. Zápustky pro jejich kování jsou různorodých tvarů, s rozdílnou náročností obrobení. Skládají se totiž z plytkých, středně hlubokých i hlubokých tvarů.

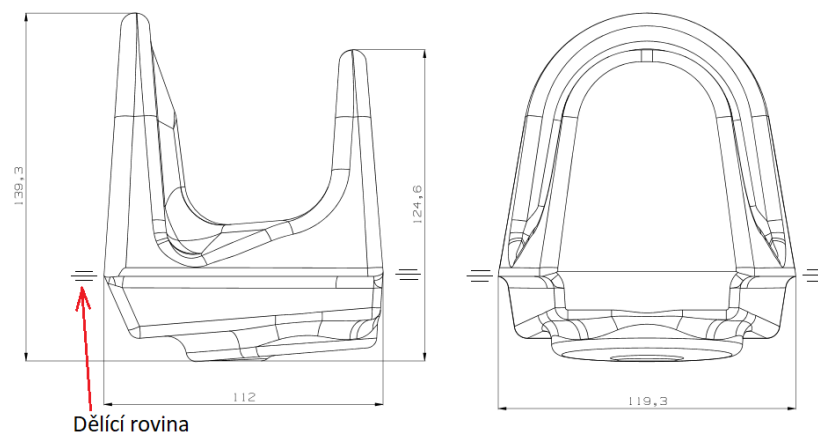
6.1 Výkovek Linde

První výkovek je součástí do vysokozdvihných vozíků značky Linde. Bližší specifikace o výrobku nebyla od zákazníka povolena zveřejňovat. Jedná se o vysoko obrátkovou součást, na kterou se používají jednonásobné zápustky.



Obr. 27. Výkovek do vysokozdvihných vozíků Linde

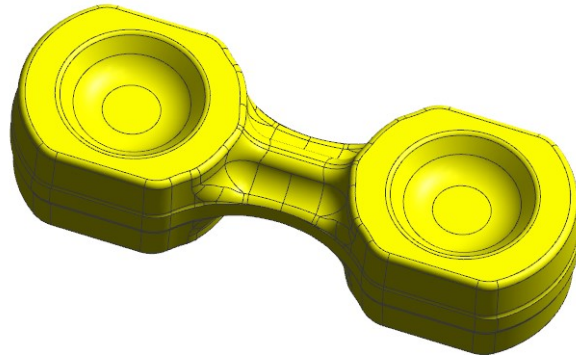
Tento výkovek vyniká obtížnou kovatelností z důvodu jeho rozmanitých tvarů, spojenou s problematickou zatékavostí materiálu. Dělicí rovina se nachází přibližně v jedné třetině celkové výšky výkovku.



Obr. 28. Informativní základní rozměry výkovku Linde

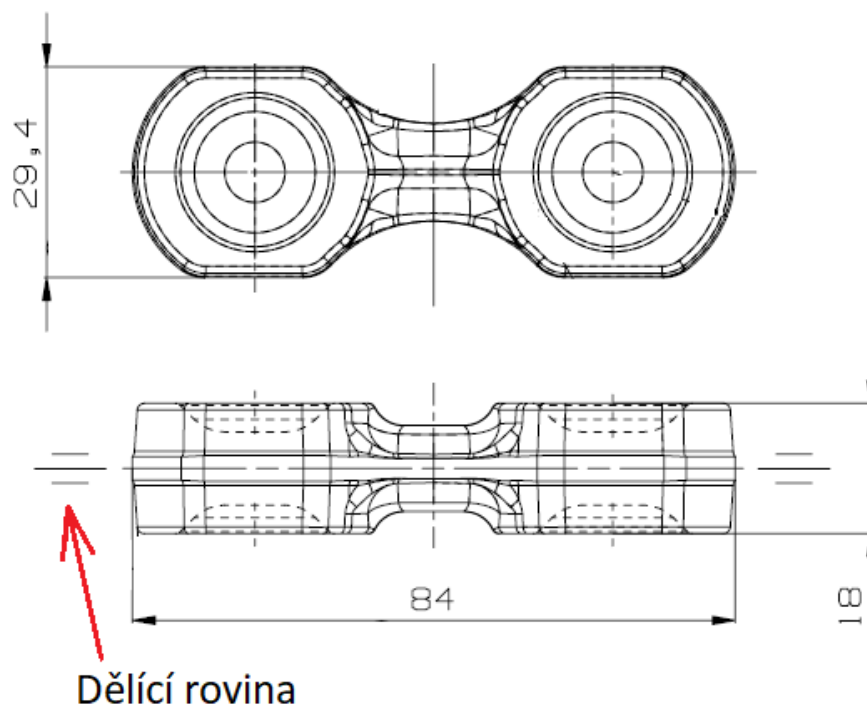
6.2 Výkovek SCANIA

Druhý výkovek je dvojitá matice do nákladních automobilů SCANIA. Její malé rozměry, spolu s vysokou roční obrátkovostí, umožňují umístění více kusů do jedné zápusťky a tím i lepší ekonomičnost výroby. V tomto případě je umístěno pět kusů dvojitých matic v dané zápusťce. Ta bude tvarově složitá, se spoustou malých rozměrů, rádiusů a úkosů.



Obr. 29. Dvojitá matice do nákladních automobilů SCANIA

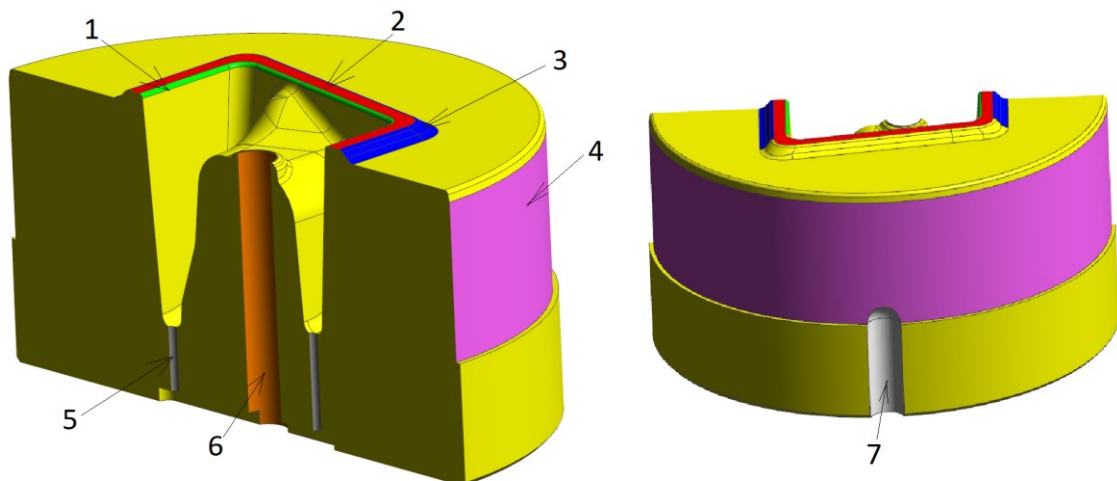
Po vykování je tento výkovek následně obroben na hotové rozměry. Splňuje proto trend dnešních kováren, snažit se dodávat výkovky v hotovém tvaru a bez dalších nutných technologických zásahů.



Obr. 30. Informativní základní rozměry výkovky SCANIA

7 KONSTRUKCE PŘEDKOVACÍCH A KOVACÍCH ZÁPUSTEK

Zápustka je nástroj, sloužící k zápustkovému kování. V její dutině se ohřátý polotovár mění do požadovaného tvaru. Vnější tvar zápustek bývá nejčastěji rotačního, nebo obdélníkového průřezu. To záleží na upínacích možnostech kovacího lisu, na kterém se budou používat a na obtížnosti kování výkovku. Při špatné volbě tvaru zápustek může totiž docházet k jejich praskání. Zápustky rotačního průřezu, nazývané také jako vložky, nejsou výrobně příliš náročné. Dává se jim přednost z ekonomických důvodů, protože je možné použít drahou nástrojovou ocel jen na jejich nejnужnějších částech. Tyto vložky jsou vloženy a zajištěny do upínacích bloků, které se upínají na kovací lis. Tyto bloky jsou již vyrobeny z méně nákladných, nicméně plně dostačujících materiálů. Nevýhodou těchto vložek je, že se dají použít jen pro výkovky omezených rozměrů.



Obr. 31. Vzorová zápustka

1 – vtoková hrana (zelená), 2 – můstek, hranice dělicí roviny (červená), 3 – přechod do výronkového zásobníku (modrá), 4 – středící průměr (fialová), 5 – odvzdušňovací otvory (šedá), 6 – otvor pro vyhazovač (hnědá), 7 – středící drážka (bílá)

7.1 Volba vhodného typu zápustek

Pro účely diplomové práce byly zvoleny stejné předkovací i kovací zápustky rotačního průřezu a to pro oba výkovky. Jejich vnější průměr je $D = 275$ mm se středícím průměrem $D_s = 270$ h8 mm. Aby se zamezilo pootočení spodní zápustky vůči horní, jsou na zápustkách i upínacích blocích vyfrézovány půlkulaté drážky, do kterých se zasune středící čep. Ten zamezí pootočení zápustek proti sobě. Materiálem pro výrobu zápustek je nástrojová ocel 1.2343 (dle ČSN 19 552) zakalená na tvrdost 50 – 52 HRC. Tato kombinace materiálu

a tvrdosti se v praxi velmi osvědčila a často se používá. Drsnost tvarové části zápuštěk je $Ra = 1,6 \mu\text{m}$. Konstrukce zápuštěk proběhla a byla prováděna za konzultací konstruktérů ve firmě Kovárna VIVA a.s. v 3D programu NX 11.0.

7.1.1 Značení ve výrobních výkresech

Zápuštěk jsou ve výrobních výkresech rozlišovány dle následujících příkladů.

„001_pkov_p1“ a „001_pkov_p2“

„001_dkov_p1“ a „001_dkov_p2“

- **Vysvětlivky:**

001 – číslo výkovku

pkov – předkovací zápuštěk

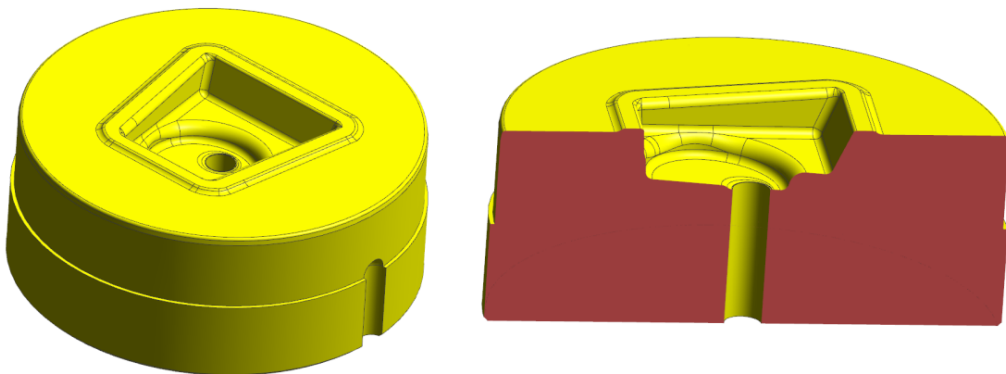
dkov – dokovací zápuštěk

p1 – spodní zápuštěk

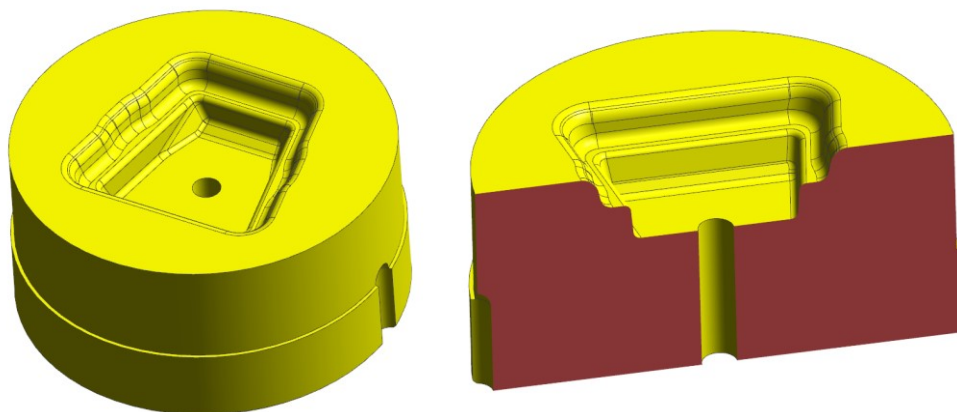
p2 – horní zápuštěk

7.1.2 Zápuštěk pro výkovek Linde

Výrobní výkres spodní dokovací zápuštěk má pracovní označení „001“ a je uložen v přílohách pod označením PI.



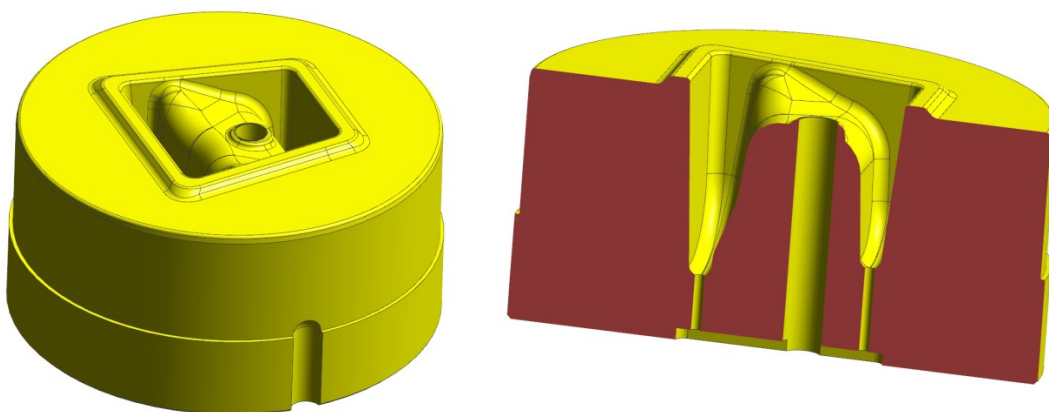
Obr. 32. Spodní dokovací zápuštěk



Obr. 33. Spodní předkovací zápustka

U spodní dokovací i předkovací zápustky lze sledovat vysokou podobnost tvarů. Ty jsou rozdílné hlavně u rozměrů hloubek a rádiusů (u předkovacích zápustek jsou hloubky menší a rádiusy naopak větší). Pro správný chod kovací linky a snadné odformování výkovku bylo nutné přidat středové otvory pro vyhazovače.

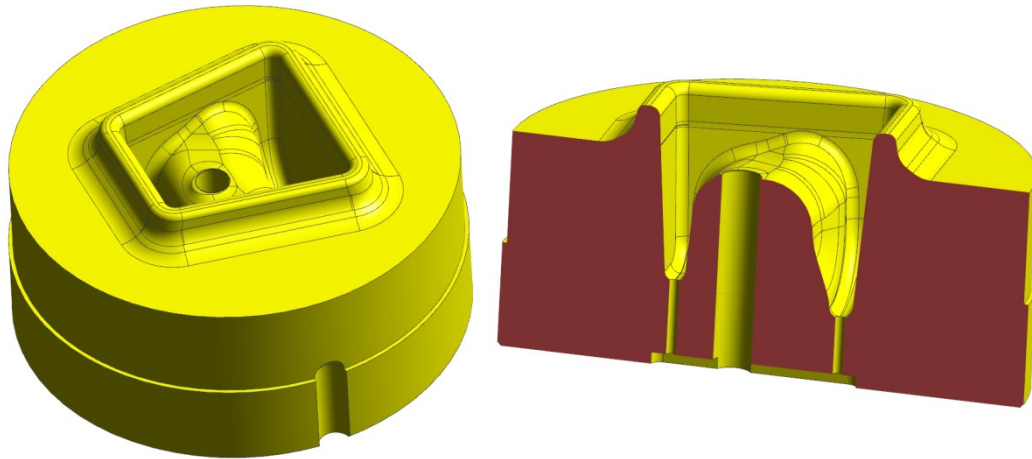
Spodní zápustky mají relativně plytké a široké tvary, které jsou dány polohou dělicí roviny. Ta je v nejširších místech výkovku a je rovná. Vtoková hrana dosahuje výšky 2 mm. Výrobní výkres spodní předkovací zápustky je uložen v přílohách pod označením PII.



Obr. 34. Horní dokovací zápustka

Konstrukční rozdíly v tvarových dutinách mezi horními předkovacími a dokovacími zápustkami, používanými ke kování výkovku do vysokozdvížných vozíků Linde, jsou prakticky zanedbatelné, ve srovnání se zápustkami spodními. Zásadní rozdíl mezi nimi je však v jejich tvarové náročnosti, kdy zápustky horní jsou mnohem složitější. Jejich tvarová du-

tina je velmi úzká a hluboká. Největší hloubka dosahuje okolo 100 mm, při šířce jen asi 12 mm. Výrobní výkres horní dokovací zápustky je uložen v přílohách pod označením PIII.



Obr. 35. Horní předkovací zápustka

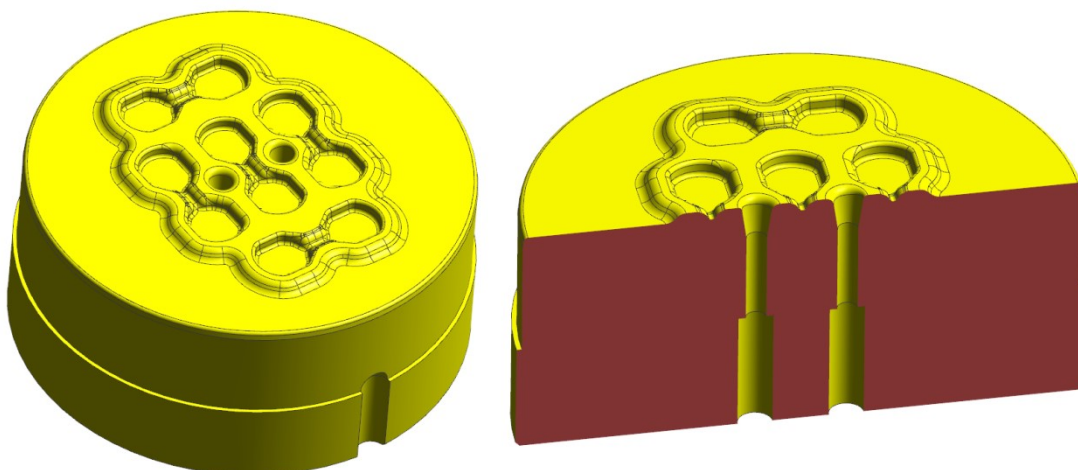
Horní zápustky jsou tedy mnohem vyšší, oproti zápustkám spodním. Důvodem je jejich snížená pevnost, způsobená hlubokými tvary a vyšší počet možných renovací. Další konstrukční změnou je přidání dvou odvzdušňovacích otvorů do nejhlubších částí tvarové dutiny. Aby do zmíněných otvorů nezatékal materiál, jsou do nich vloženy čepy, které mají dostatečnou vůli vůči otvorům. To způsobí, že vzduch může unikat, avšak materiál se do nich nedostane. Tím je dosaženo, že se v zápustkách neshromažďuje vzduch. Nepřítomnost tohoto odvzdušnění může bránit správnému dotékání výkovku. Stlačený vzduch, by se mohl navíc nebezpečně zahřívat, což by vedlo k poškození zápustek i výkovku. Poslední změnou v konstrukci horních zápustek je umístění vyhazovače. Ten je v tomto případě mimostřední a jeho umístění je dle konstrukčního řešení výkovku. Třebaže se jedná o horní zápustky, je nutné vyhazovač umístit i do nich. Jejich tvarová složitost by totiž mohla způsobit, že se výkovek k horním zápustkám může vlivem smrštění přilepit, a tím by zůstal v dutině zápustky. Výrobní výkres horní předkovací zápustky je uložen v přílohách pod označením PIV. Všechny 3D modely zápustek pro výkovek Linde jsou přiloženy na CD, v adresáři 3D modely ve složce Linde (PXVII).

Celková orientace zápustek, kdy tvarově složitější a hlubší zápustka je použita jako horní, není náhodná. Vyplývá z faktu, že výkovky nejlépe dotékají ve směru opačném o 180°, než je působící síla. Dalším důvodem tohoto uspořádání je vystředění pěchu do předkovací

zápustky. Pokud by totiž zápustky byly opačně, ustavení pění na střed by nebylo možné. Tyto poznatky byly konzultovány s konstruktéry Kovárny VIVA a.s.

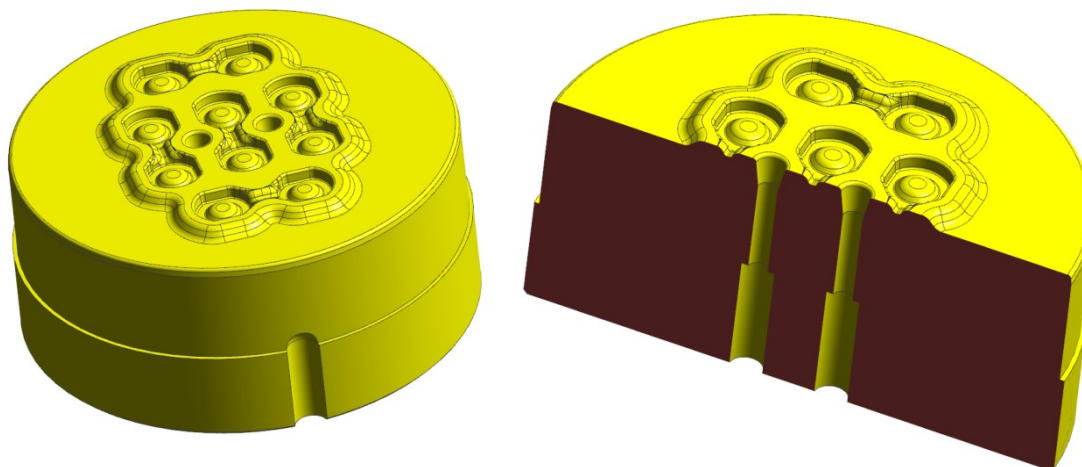
7.1.3 Zápustky pro výkovek SCANIA

Spodní předkovací a dokovací zápustky, se z konstrukčního hlediska, liší hlavně ve vnitřních tvarech dutin. Předkovací zápustky mají zjednodušené rovné dno, které je pro tuto operaci plně dostačující a je i jednodušší pro výrobu.



Obr. 36. Spodní předkovací zápustka

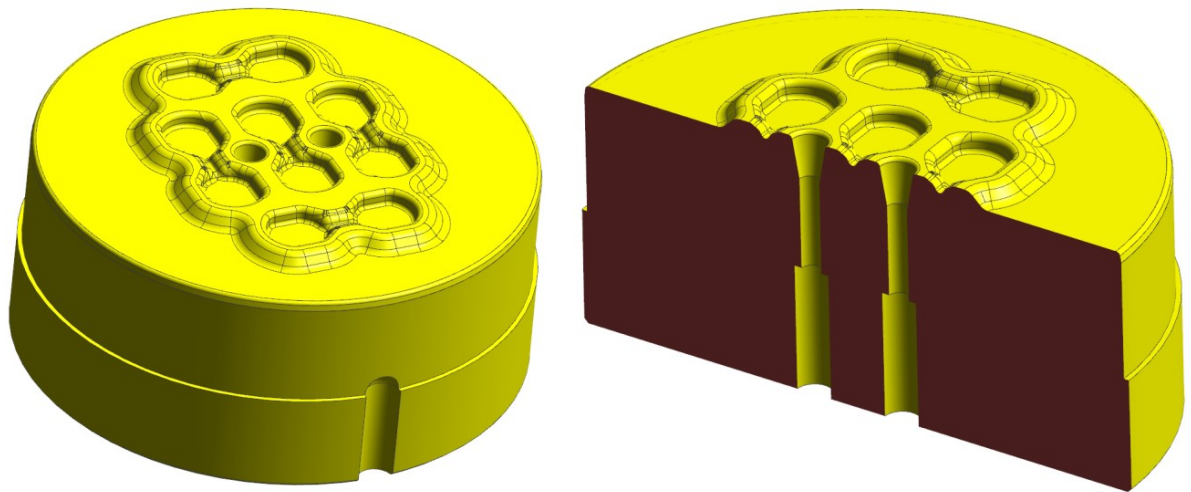
Dokovací zápustky již mají plně tvarové dutiny. Výrobní výkres spodní předkovací zápustky má pracovní označení „002“ a je uložen v přílohách pod označením PV.



Obr. 37. Spodní dokovací zápustka

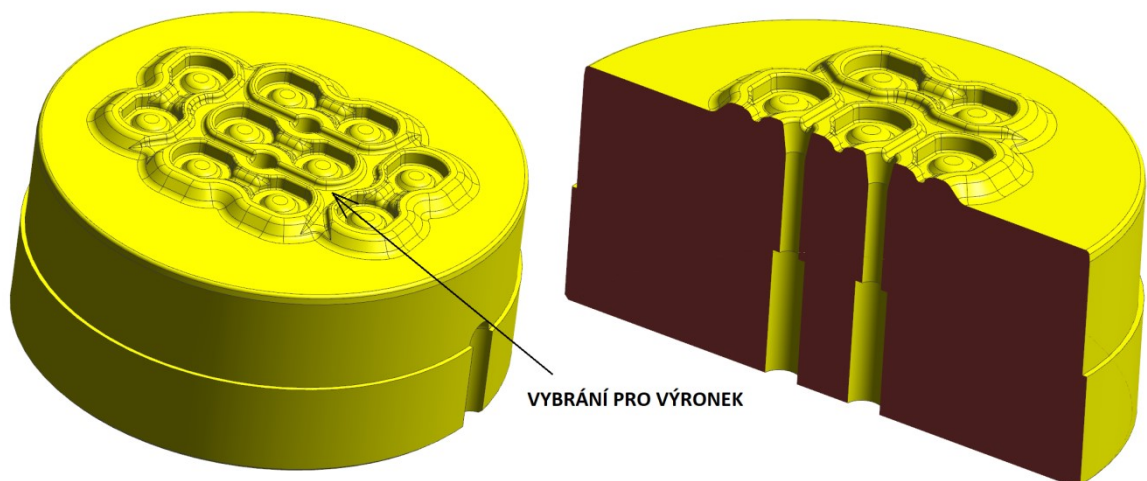
Jak již bylo řečeno, zápustky jsou konstruovány jako pěti-kusy. Výkovky jsou spojeny pomocí výronku v jeden celistvý kus. Výronek mezi jednotlivými výkovky je konstruován

tak, aby se dal po operaci dokování bez problémů ostříhnout. Výrobní výkres spodní dokovací zápustky je uložen v přílohách pod označením PVI.



Obr. 38. Horní předkovací zápustka

Z hlediska konstrukce jsou horní a spodní předkovací zápustky prakticky totožné. To je dáno symetrií i relativní jednoduchostí výkovku. Proto bylo možno i u horní předkovací zápustky opět použít zjednodušená rovná dna v tvarových dutinách. Výrobní výkres horní předkovací zápustky je uložen v přílohách pod označením PVII.



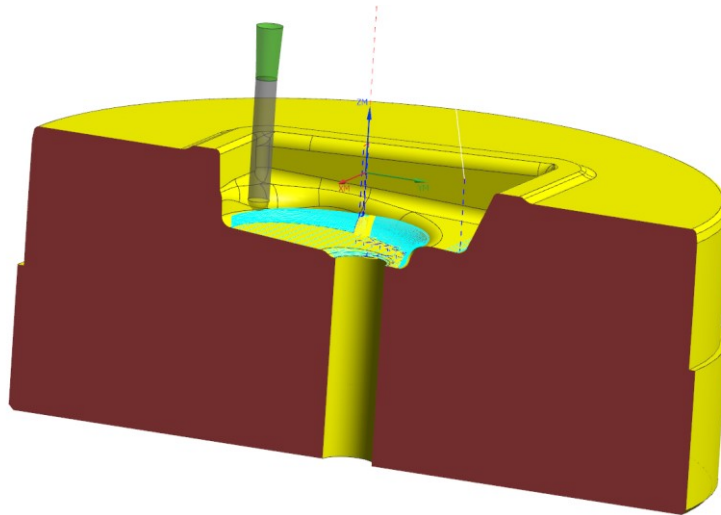
Obr. 39. Horní dokovací zápustka

Naproti tomu horní dokovací zápustka se vyznačuje podstatně složitějšími tvary. Nejen tvarové dutiny jsou samozřejmě již vyrobeny do finálních tvarů. I mezery mezi dutinami jsou vymodelovány tak, aby šlo výkovky co nejsnáze ostříhnout. Proto na zápustce vzniklo takzvané vybrání pro výronek. To má totiž největší tloušťku uprostřed mezery mezi výkovky, ale se snižující se vzdáleností k výkovkům se tloušťka výronku zmenšuje.

Všechny zápustky mají rovněž dva mimostředné vyhazovače, protože hrozí riziko přilepení výkovků ke kterékoliv zápustce. Tento problém se v minulosti několikrát opakoval. Jinak jsou zápustky z hlediska konstrukce velmi podobné, mění se převážně jen jejich výška. Výrobní výkres horní předkovací zápustky je uložen v přílohách pod označením PVIII. Všechny 3D modely zápustek pro výkovek SCANIA jsou přiloženy na CD v adresáři 3D modely ve složce SCANIA (PXVII).

8 TECHNOLOGIE VÝROBY ZÁPUSTEK A CNC PROGRAMOVÁNÍ

Po dokončení konstrukční části, tj. kompletního vymodelování zápustek, je nutné vytvořit CNC programy pro jejich obrábění. Ty se skládají jak z určení samotné technologie obrábění a následné tvorby CNC programů, tak i volby rezných nástrojů a jejich potřebných velikostí. Dále pak z určení rezných parametrů a velikosti posuvů.



Obr. 40. Verifikace CNC programu v NX 11.0

8.1 Technologie výroby

Byl zvolen technologický postup, kdy polotovár pro výrobu zápustky, bude po jeho nadělení obroben na klasickém, popřípadě CNC soustruhu, s možností rychlého ručního programování. Během této operace budou zhotoveny vnější rotační průměry bez přídavku a zarovnána čela. Celková výška zápustek bude s přídavkem. Tím se zajistí rychlé, a ekonomicky ne příliš nákladné obrobění vnějších rozměrů. Nebude na ně totiž potřeba programování v CAM softwaru, které je podstatně nákladnější. Tvorba CNC programů pomocí CAM softwaru bude tedy potřebná pouze na tvarovou dutinu a nerotační části zápustky, týkající se dutiny kování. Zbylé nerotační části zápustky budou opět dohotoveny buďto na klasické, nebo CNC frézce s možností ručního programování. Po zhotovení všech rozměrů, je nutné zápustky s hlubokými tvary odjehlít. Je to samostatná operace a provádí ji mechanik. Jakmile bude zápustka vyrobena, projde kontrolou rozměrů a následně bude odeslána na tepelné zpracování – zušlechťování. Po této operaci proběhne překontrolování rozměrů a zápustka je hotova.

Může ovšem nastat případ, kdy hrozí riziko, že dojde během tepelného zpracování zápustky k její deformaci. To se stává u složitých tvarů a u zápustek s malou tloušťkou stěn. V takovém případě se vyrobí přesné rozměry a tvary před zušlechtním s přídavkem, a dohotoví se až po následném tepelném zpracování. Jakmile jsou tvary zápustky hotovy, přichází opět jehlení otřepů a kontrola rozměrů.

8.1.1 Obráběcí CNC frézka MCFV 1060

Jako obráběcí stroj byla použita CNC frézka MCFV 1060. Ta má tři pracovní osy a CNC programy na ni byly použity.

Technická data:

- Pracovní pojezd:

Osa X (pracovní stůl) 1016 mm

Osa Y (křížový suport) 610 mm

Osa Z (vřeteník) 760 mm

- Posuvy:

Pracovní posuv v ose X, Y, Z 0 - 8 m/min

Rychloposuv 20 m/min

- Otáčky vřetena (vřeteno obsahuje dvoustupňovou převodovku)

První stupeň 0 – 2000 ot/min

Druhý stupeň 2001 – 8000 ot/min



Obr. 41. CNC frézka MCFV 1060

8.2 CNC programování

Pro tvorbu CNC programů je nutné mít k dispozici 3D model dané součásti. Tato diplomová práce pojednává o kovacích a předkovacích zápustkách. CNC programování bylo zrealizováno opět v programu NX 11.0, tentokrát v režimu Manufacturing. Frézy, do průměru $D = 6$ mm, jsou s vyměnitelnými břitovými destičkami.

Seřizovací a nástrojové listy jsou uloženy v přílohách pod označením P IX až P XVI.

Tab. 4. Použité nástroje a řezné parametry

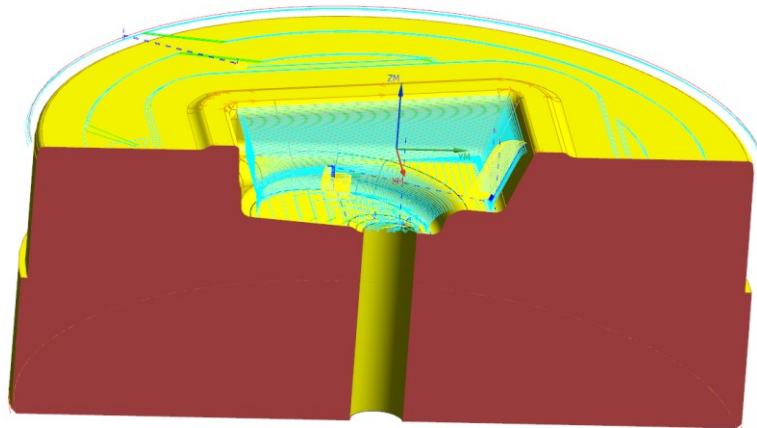
Toroidní frézy		Předepsané řezné parametry			
Nástroj - rozměr [mm]	Počet zubů	Posuv [mm/min]	Otáčky [ot./min]	Posuv - kalený materiál [mm/min]	Otáčky - kalený materiál [ot./min]
F 42 R5 - Pramet	5	2900 - 3500	1900	1000	1400
F 20 R5 - SEMACO	2	2500 - 3200	4300	900	2200
F 12 R3,5 – POKOLM	2	2200 - 3200	5100	1000	3500
F 4 R1	2	900 - 1800	11850	900 - 1800	11850
Kulové frézy		Předepsané řezné parametry			
F 10 R5 L= 61 mm DIJET	2	1300 - 2500	7000	1000 - 2000	6000
F 10 R5 L= 82 mm DIJET	2	1300 - 2500	7000	1000 - 2000	6000
F 10 R5 L= 103 mm Sandvik	2	900 - 1700	7000	700 - 1400	6000
F 8 R4 L = 40 mm	2	1300 - 2500	8700	1000 - 2100	7000
F 8 R4 L = 75 mm	2	600 - 1700	8700	700 - 1400	7000
F 6 R3 L = 40 mm	2	1500 - 3000	11700	1100 - 2200	9500
F 6 R3 L = 75 mm	2	1000 - 2100	11700	750 - 1500	9500
F 4 R2	2	900 - 1800	11850	900 - 1800	11850

8.2.1 Předkovací zápustky

Mezi předkovacími i dokovacími zápustkami jsou u jednotlivých součástí minimální tvarové rozdíly. Protože jsou dokovací zápustky tvarově i technologicky náročnější na výrobu, byly vytvořeny CNC programy pouze pro již zmíněné dokovací zápustky. To se týká programování nových zápustek i jejich renovací, ale taktéž následné výpočetní části. Tento postup byl uplatněn u obou výkovek a byl konzultován s vedoucím konstrukce Kovárny VIVA.

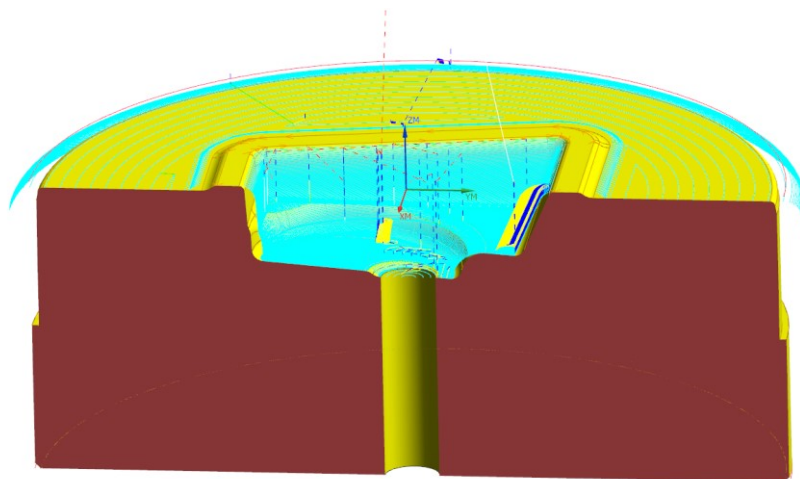
8.2.2 Linde – výroba nové zápustky

Pro hrubování spodní zápustky bylo použito tří toroidních fréz, o průměrech $D = 42$ mm, $D = 20$ mm, $D = 12$ mm a jedné kulové frézy $D = 8$ mm. Přídavek na stěnu pro dokončení činí 0,2 mm.



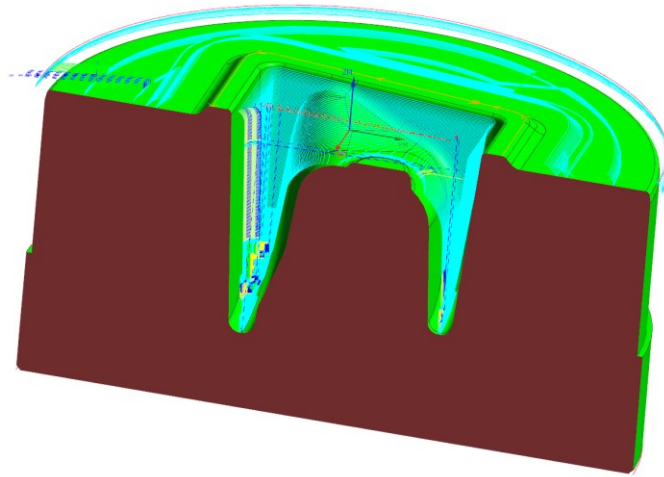
*Obr. 42. Spodní dokovací zápustka pro výkovek Linde
dráhy CNC programu – hrubování*

Pro dokončovací operace bylo použito stejných nástrojů jako pro hrubování. Přibyla k nim pouze kulová fréza o průměru $D = 6$ mm. Ta dokončí vnitřní rádiusy, které jsou menší nebo rovny hodnotě R3.



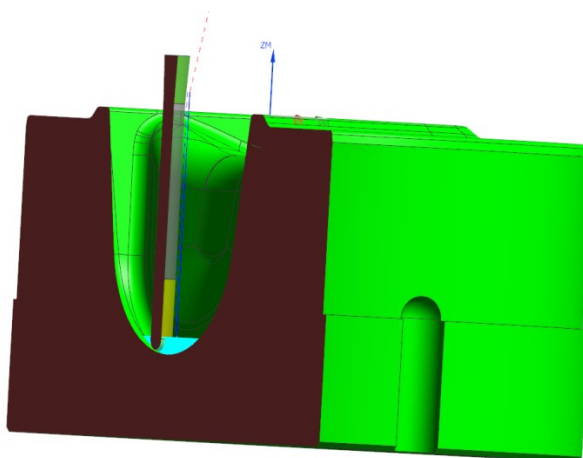
*Obr. 43. Spodní dokovací zápustka pro výkovek Linde
dráhy CNC programu – dokončování*

U tohoto výkovku je obrábění horních dokovacích i předkovacích zápustek nepoměrně náročnější oproti zápustkám spodním.



*Obr. 44. Horní dokovací zápustka pro výkovek Linde
dráhy CNC programu – hrubování*

Nástroje je nutné mít hodně vyložené, což má nepříznivý vliv na obrábění, protože hrozí riziko jejich chvění. To negativně ovlivňuje výslednou drsnost povrchu zápustky a snižuje to i životnost obráběcího nástroje. V hlubokých a úzkých tvarech navíc hrozí riziko ucpání třískami. Proto je nutné frézy dobře chladit, aby se třísky dostatečně odplavovaly pryč. Při CNC programování je taky vhodné zajistit, aby obráběcí programy nebyly příliš dlouhé. Tím může obsluha CNC frézky pravidelně kontrolovat dutinu i rezné nástroje.

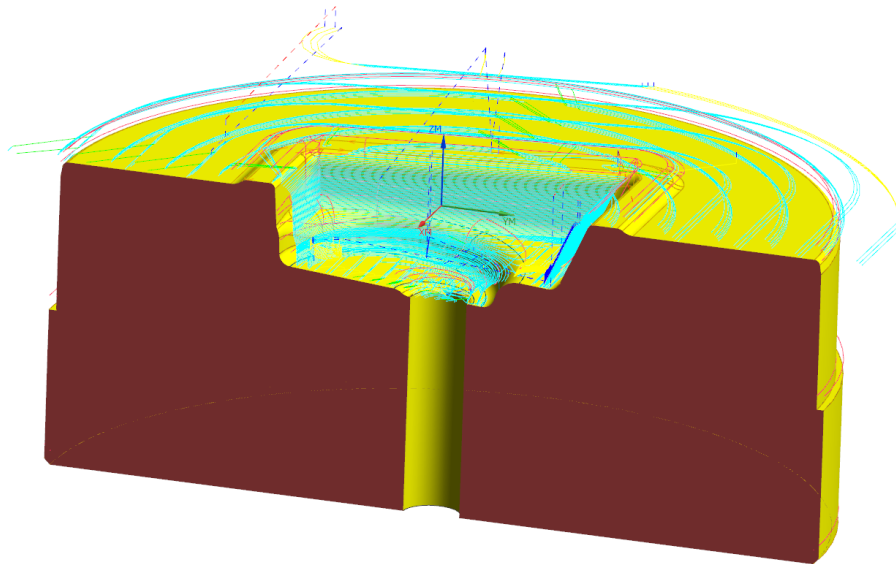


*Obr. 45. Horní dokovací zápustka pro výkovek Linde
kulová fréza $D = 10\text{ mm}$ – dokončování*

Použité nástroje pro hrubování i dokončování horních zápustek se opět prakticky neliší. Tvoří je toroidní frézy o průměrech $D = 42$ mm, $D = 20$ mm a $D = 12$ mm a kulová fréza o průměru $D = 10$ mm. Posledním nástrojem je kulová fréza o průměru $D = 6$ mm. Ta je použita jen pro dokončování. Frézy o průměrech $D = 12$ mm a $D = 10$ mm pracují v nejhlubších částech dutiny, a proto jsou vyrobeny ze slinutého karbidu. Tyto nástroje lépe vstřebávají vibrace a pracují efektivněji při jejich nadměrných vyloženích.

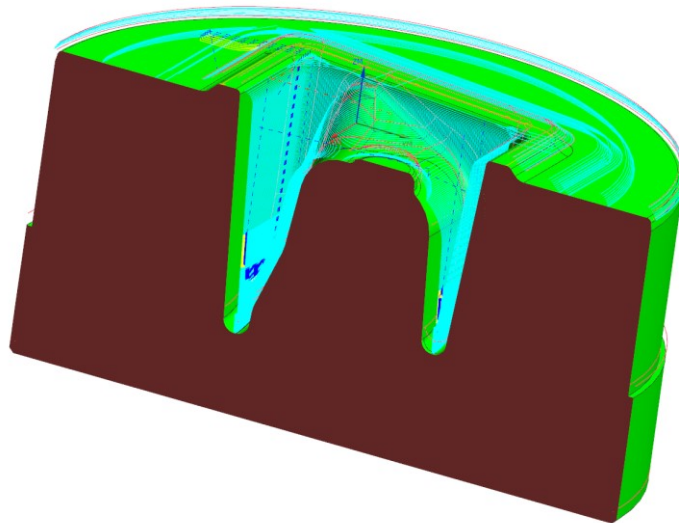
8.2.3 Výkovek Linde – renovace použité zápustky

U daných zápustek se CNC programování pro renovaci příliš neliší od programování nových. Nejjednodušší způsob je použít opět danou součást jako polotovar. Ten se posune v ose „Z“ o hodnotu nutnou k renovaci. V tomto případě o 5 mm.



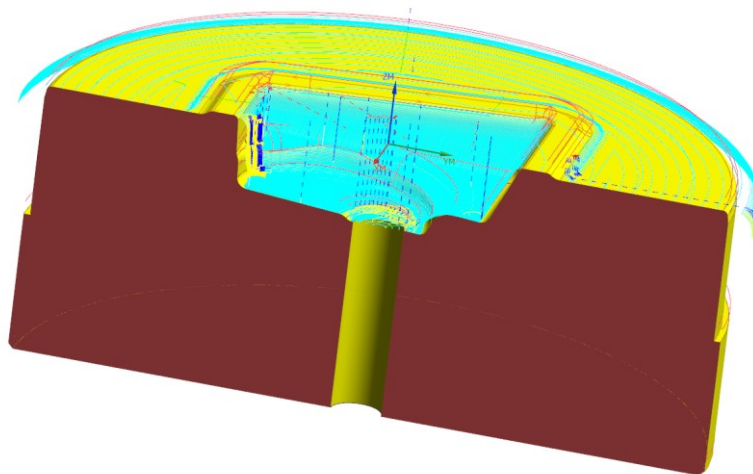
*Obr. 46. Spodní dokovací zápustka pro výkovek Linde
dráhy CNC programu – renovace hrubování*

Dráhy programu se u operace hrubování při renovaci změnilly. Nyní obíhají jen boční části dutiny zápustky, na kterých se vyskytuje materiál na obrábění. Je to proto, aby nástroj nemusel jezdit naprázdno ve vzduchu, a tím se neprodlužoval čas obrábění. Celou plochu dutiny zápustky objíždí nástroj až při obrábění dna dutiny.



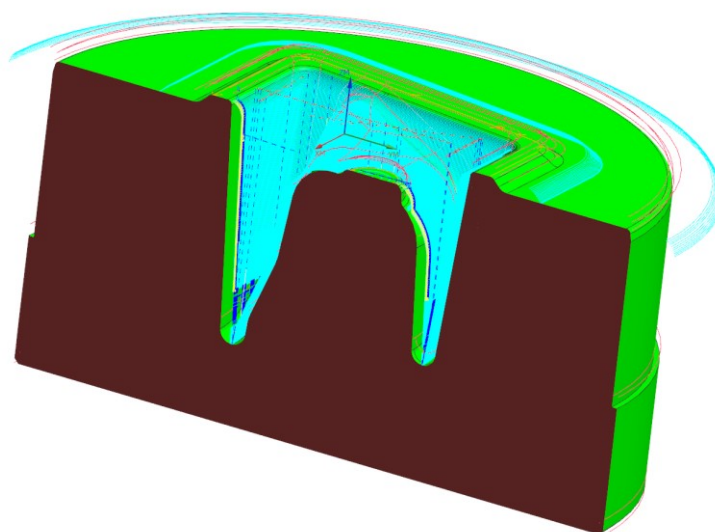
*Obr. 47. Horní dokovací zápustka pro výkovek Linde
dráhy CNC programu – renovace hrubování*

Stejným způsobem jsou obráběny při renovacích i horní zápustky. Příklad na obrábění je u všech od 0,15 do 0,2 mm na stěnu.



*Obr. 48. Spodní dokovací zápustka pro výkovek Linde
dráhy CNC programu – renovace dokončování*

CNC programy pro renovace lze použít totožné, jako pro výrobu nových, pouze se upraví řezné parametry. Renovace se totiž provádí do kalených materiálů, a tudíž je nutné řeznou rychlost a posuvy snížit na hodnoty předepsané pro daný obráběcí nástroj.



Obr. 49. Horní dokovací zápustka pro výkovek Linde
dráhy CNC programu – renovace dokončování

Pro srovnání řezných parametrů mezi výrobou nových zápustek „za měkka“ a jejich renovacemi, jsou tato rozdíly uvedeny v tabulce. CNC programy pro výrobu nových dokovacích zápustek i pro jejich renovace k výkovku Linde, jsou uloženy na CD v adresáři 3D modely, ve složce Linde (PXVIII).

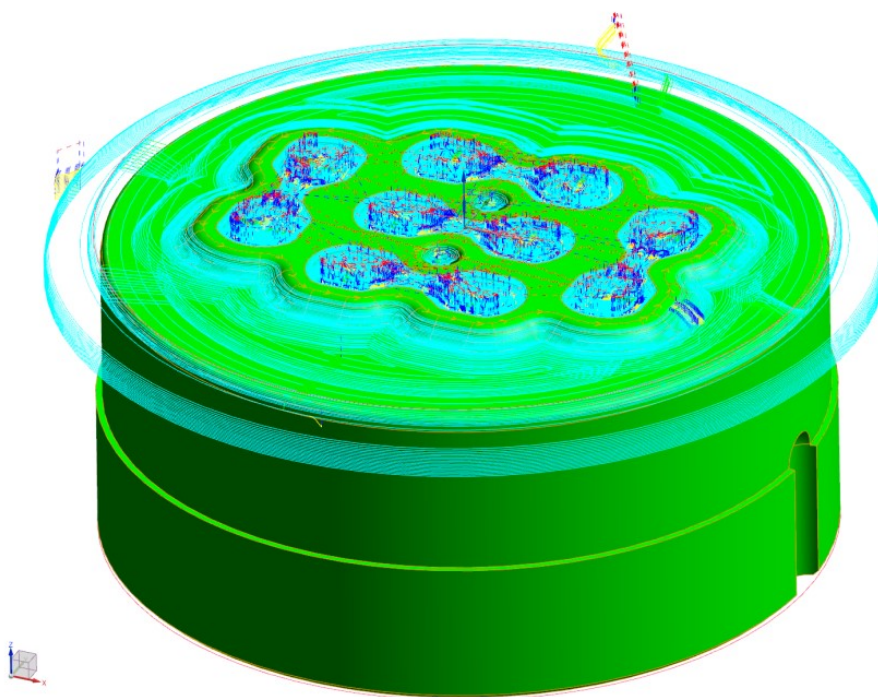
Tab. 5. Reálné řezné parametry

Toroidní frézy		Použité řezné parametry			
Nástroj - rozměr [mm]	Počet zubů	Posuv [mm/min]	Otáčky [ot./min]	Posuv - kalený materiál [mm/min]	Otáčky - kalený materiál [ot./min]
F 42 R5 – Pramet	5	3400	2050	1400	1000
F 20 R5 – SEMACO	2	3200	4300	1400	2200
F 12 R3,5 - POKOLM	2	3200	4300	1000	3500
F 4 R1	2	1)	1)	1000	11500
Kulové frézy		Použité řezné parametry			
F 10 R5 L= 61 mm DIJET	2	1200	5500	1080	5400
F 10 R5 L= 82 mm DIJET	2	1200	5500	800	4000
F 10 R5 L= 103 mm Sandvik	2	600	3500	600	3200
F 8 R4 L = 40 mm	2	1)	1)	1200	7000
F 8 R4 L = 75 mm	2	1)	1)	1200	7000
F 6 R3 L = 40 mm	2	1300	9500	1000	9500
F 6 R3 L = 75 mm	2	1300	9500	1000	9500
F 4 R2	2	1)	1)	1000	11500

1) Použito pouze pro kalený materiál

8.2.4 Výkovek SCANIA – výroba nové zápustky

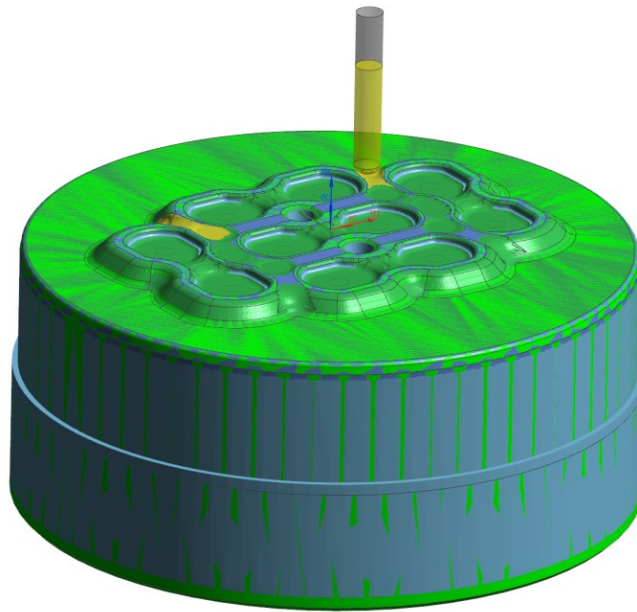
Výroba spodních předkovacích i dokovacích zápustek je taktéž časově poměrně zdlouhavá. Tvarová dutina sice neobsahuje žádné hluboké prvky, je ale tvarově dosti členitá. To se odráží na větším množství použitých rezných nástrojů a na delších časech obrábění. Použité nástroje jsou toroidní frézy o průměrech $D = 42$ mm, $D = 20$ mm a $D = 12$ mm. Následují kulové frézy o průměrech $D = 8$ mm, $D = 6$ mm a $D = 4$ mm. Nástroje jsou uvedeny v pořadí, v jakém po sobě následují i v reálném obrábění zápustek. Řezné parametry jsou voleny dle použitých nástrojů z katalogu firmy Sandvik.



Obr. 50. Spodní dokovací zápustka pro výkovek SCANIA

dráhy CNC programu – hrubování i dokončování

Oproti předchozímu typu zápustek se zde jedná o změnu technologie. Nejprve bude dutina vyhrubována s přírůstkem na stěnu od 0,15 do 0,2 mm. Zbytek zápustky bude vyroben již na hotové rozměry. Následně bude zápustka zušlechťena na 50 – 52 HRC. Po tepelné úpravě bude tvarová dutina dokončena.

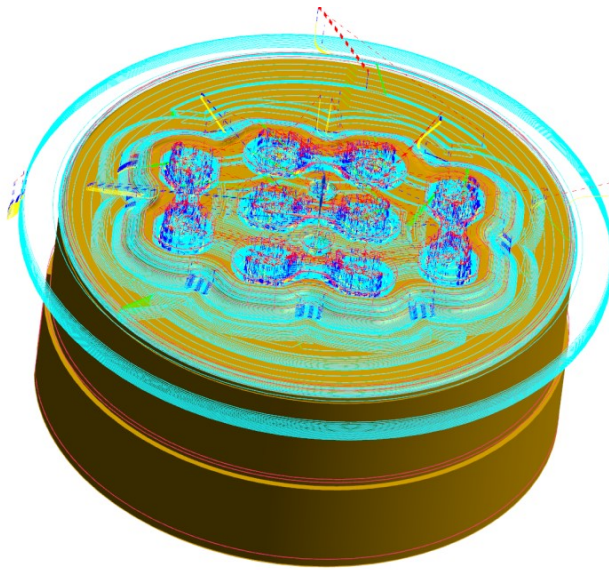


*Obr. 51. Horní dokovací zápustka pro výkovek SCANIA
verifikace CNC programu – hrubování i dokončování*

Horní dokovací zápustka odpovídá tvarem dutin zápustce spodní. Proto se téměř ani neliší jejich CNC programy a použité řezné nástroje. Obsahuje ale navíc operaci, kdy je nutné obrobit vybrání pro výronek mezi jednotlivými tvary. Proto bylo nutné vypracovat CNC programy pro jejich obrobení. Ty jsou časově náročné. Bylo také nutné přidat jednu toroidní frézu $D = 4$ mm.

8.2.5 Výkovek SCANIA – renovace použitých zápustek

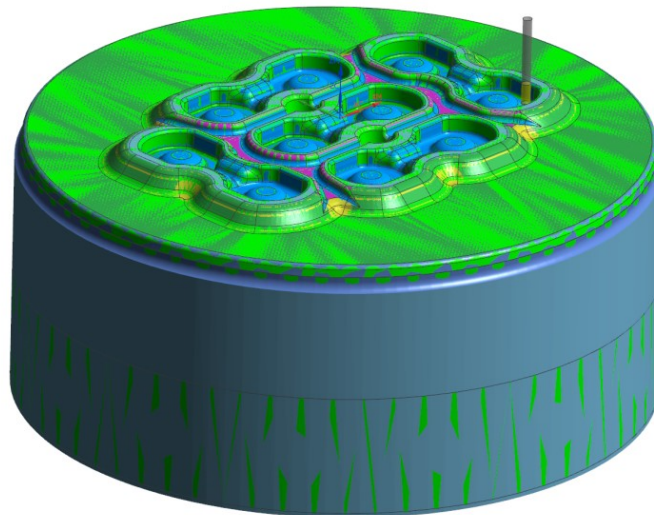
Při hrubování tvarových částí pracují dráhy CNC programů pro renovaci jen obvodové tvary. Celé plochy byly opracovány jen v případě dosažení dna dutin. Tím bylo docíleno úspory času, která je umocněna tím, že pracovní posuvy jsou u kalených součástí velmi pomalé. To způsobují nízké řezné rychlosti.



Obr. 52. Spodní dokovací zápustka pro výkovek SCANIA

dráhy CNC programu – renovace

Programy pro renovaci se oproti programům pro výrobu nových liší pouze do doby, kdy se obrábí „měkký“ nezakalený materiál. Po zakalení jsou již programy pro oba případy obrábění stejné. Rozdíl je pouze v polotovaru, který je v ose „Z“ posunut o 5 mm výše, což se rovná hodnotě snížení zápustek během renovace.



Obr. 53. Horní dokovací zápustka pro výkovek SCANIA

verifikace CNC programu – renovace

CNC programy pro výrobu nových, i pro renovace dokovacích zápustek k výkovku SCANIA, jsou přiloženy na CD v adresáři 3D modely, ve složce SCANIA (PXVIII).

9 SROVNÁNÍ KONVENČNÍ A NEKONVENČNÍ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ A JEJICH FINANČNÍ VYHODNOCENÍ

Tato práce pojednává o výrobě kovacích a předkovacích zápustek. Porovnat technologii konvenčního a elektroerozivního obrábění a říci, která z nich je pro daný výrobek finančně výhodnější, není snadné. Ovlivňuje je celá řada faktorů. Důležitým ukazatelem je, jakým způsobem má daná firma zvládnuté efektivní rozvržení operací jdoucích po sobě. Obecně totiž platí, že čím více technologických operací je pro daný výrobek nutné podstoupit, tím náročnější je jeho zvládnutí jeho výroby. Při jakémkoliv technologickém úkonu totiž vznikají rizika různorodých problémů. Ty celý proces výroby zdržují a to přispívá k jejímu zbytečnému prodražování.

Technologie konvenčního obrábění má tu výhodu, že na CNC frézce nebo CNC soustruhu lze vyrobit prakticky kompletní zápustku. Maximálně, pokud zápustka obsahuje kombinaci rotačních a nerotačních prvků, je možné tyto stroje kombinovat. Další operace jsou již shodné s nekonvenčním obráběním a jsou popsány v předchozí kapitole „Technologie výroby“. Pro renovaci zápustek je technologický postup stejný, pouze odpadá technologie tepelného zpracování, protože zápustka již prošla hloubkovým kalením s následným popoštěním – zušlechťováním.

Pro elektroerozivní obrábění je nutné zajistit elektrodu, která je negativem tvarové dutiny zápustky. Výroba takové elektrody je finančně velmi nákladná, jelikož bývá často tvarově složitá. Firmy si je většinou vyrábí buďto samy, nebo je nechávají vyrobit v kooperaci. Elektrody se po jejich opotřebení dají většinou několikrát renovovat pomocí snížení jejich tvaru. Pro výrobu nových zápustek, i jejich renovací, je nutné nejprve obstarat již zmíněnou elektrodu. Až poté je výrobek uvolněn do procesu výroby. Tvar elektrody ovšem neobsáhne celou plochu zápustky, ale pouze tvarově nejsložitější část. Tak velká elektroda by totiž byla příliš finančně nákladná. Nejčastěji zabírá jen tvarovou dutinu, vtokovou hranu a přechod do výronkového zásobníku. Zbytek zápustky je nutné obrobit konvenčním obráběním. Jedna část zápustky se připraví před elektroerozivním obráběním a zbývající část až po něm (zbytek čela zápustky). Celá tato technologie proto obsahuje více technologických kroků, což prodražuje výrobu. Naopak nespornou výhodou je možnost výroby tvarově velmi složitých a hlubokých součástí. Tvrdost obráběného materiálu nehraje velkou roli. Pro správné obrábění musí být materiál pouze výborně elektricky vodivý. Je tedy nutné povrch polotovaru zbavit nečistot nebo při renovaci okují z kování.

Finanční srovnání bylo provedeno pro CNC frézku MCFV 1060 a pro vyjiskřovací stroj Emotek EIH 001B.

9.1 Finanční vyhodnocení

Nově vyrobená zápustka se dá několikrát renovovat (přibližně od 5 do 15 renovací). Počet závisí na konstrukčním řešení zápustek a na velikosti snížení. Proto se tato diplomová práce zaměří pouze na renovace zápustek, které se dělají mnohem častěji, než výroba nových. Nejprve bylo nutné zjistit hodinovou sazbu použitých strojů. Tyto finanční náklady jsou používány ve firmách Kovárna VIVA a.s. a Alper a.s.

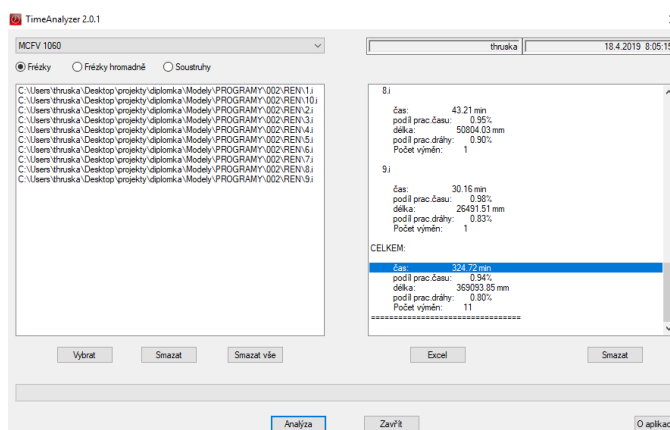
Tab. 6. Hodinové sazby pro výpočty

Hodinová sazba CNC frézky	600	Kč/hod
Hodinová sazba CNC Vyjiskřovacího stroje Emotek EIH 001B	840	Kč/hod
Hodinová sazba CNC soustruhu S50	701	Kč/hod
Hodinová sazba pracoviště Mechanik	460	Kč/hod

Sazby strojů obsahují kompletní náklady na jejich provoz, tzn. cenu rezných nástrojů a destiček, cenu elektrod, náklady na provozní kapaliny a údržbu strojů, cenu kvalifikovaných operátorů atd.

9.1.1 Náklady na renovaci dokovacích zápustek

Z předchozí kapitoly CNC programování byly jednotlivé programy pro renovaci exportovány do výsledných podob, a to pomocí postprocesoru. Export proběhl do formátu „.txt“ s „G“ a „M“ kódy. Takto vytvořené programy byly vloženy do programu TimeAnalyzer 2.0.1. Ten daný program analyzuje a určí jeho reálnou dobu trvání.



Obr. 54. TimeAnalyzer 2.0.1

Výrobní časy lze sečíst a určit i přímo během CNC programování v programu NX 11.0, z automaticky generovaných časů. Tyto hodnoty jsou však spíše orientační a nejsou příliš přesné.

Tab. 7. Porovnání strojních časů z NX 11.0. a TimeAnalyzeru 2.0.1

Srovnání generátorů strojních časů			
Číslo programu	NX 11.0 [min]	Timeanalyzer 2.0.1 [min]	Procentuální diference [%]
PRG. 07	0:04:48	0:05:25	12,6
PRG. 17	0:33:15	0:35:23	6,0
PRG. 27	0:27:16	0:30:49	11,5
PRG. 37	0:36:04	0:39:22	8,4
PRG. 47	0:25:45	0:28:37	10,0
PRG. 48	0:15:20	0:17:48	13,9
PRG. 57	1:33:36	1:38:06	4,6
PRG. 58	0:37:47	0:40:28	6,6
PRG. 67	0:31:40	0:35:17	10,3
PRG. 77	0:01:24	0:01:47	21,5

9.1.1.1 Spodní dokovací zápusťka pro výkovek SCANIA

Pro cenové srovnání obou technologií u horní dokovací zápusťky byly použity technologické postupy nutné pro její výrobu. Pro konvenční obrábění byla aplikována operace frézování a operace jehlení. U elektroerozivního obrábění bylo zahrnuto vyjiskřování s následným frézováním čela a operace jehlení.

Tab. 8. Výsledné strojní časy pro 002_dkov_p1

Výrobní časy pro renovaci 002_dkov_p1		
Čas renovace elektroerozivním obráběním	230	min
Čas jehlení	5	min
Čas renovace konvenčním obráběním	325	min
Čas frézování vnější hrany a zbývající části čela po elektroerozivním obráběním	41	min

- Vzorový výpočet

$$T_{erod.} = \left(\frac{230}{60}\right) \cdot 840 + \left(\frac{41}{60}\right) \cdot 600 + \left(\frac{5}{60}\right) \cdot 460 = 3668 \text{ Kč}$$

Tab. 9. Ceny renovací obou technologií pro 002_dkov_p1

Výsledné ceny renovací		
Náklady na renovaci elektroerozivním obráběním	3668	Kč
Náklady na renovaci konvenčním obráběním	3288	Kč

U zápustky 001_dkov_p2 vychází cenově efektivněji konvenční obrábění. Je to dáno jejími plynkými tvary, které nejsou příliš složité. Proto se relativně bezproblémově obrábí a jejich CNC programy nejsou příliš dlouhé. Nástroje jsou zde také snadno a dostatečně chlazeny, což zajišťuje dobrý odvod třísek z místa řezu. Všechny tyto faktory poukazují na to, že v tomto případě je tato technologie finančně výhodnější.

9.1.1.2 Horní dokovací zápustka pro výkovek SCANIA

Pro renovaci horní dokovací zápustky byl použitý totožný technologický postup, jako pro zápustku spodní. Byl aplikován stejný strojní čas pro zafrézování čela po elektroerozivním obrábění, protože je obráběn frézou o průměru $D = 42$ mm, pro kterou se dráhy pracovního posuvu mění jen zanedbatelně. To je dáno prakticky stejnou velikostí vtokové hrany, jako u spodní zápustky.

Tab. 10. Výsledné strojní časy pro 002_dkov_p2

Výrobní časy pro renovaci 002_dkov_p2		
Čas renovace elektroerozivním obráběním	230	min
Čas jehlení	5	min
Čas renovace konvenčním obráběním	370	min
Čas frézování vnější hrany a zbývající části čela po elektroerozivním obrábění	41	min

Horní dokovací zápustka vyniká výrazně složitějšími tvary, než dokovací zápustka spodní. Tvary jsou úzké s malými rádiusy. Proto bylo nutné použít více řezných nástrojů a CNC programy jsou podstatně delší.

Tab. 11. *Ceny renovací obou technologií pro 002_dkov_p2*

Výsledné ceny renovací		
Náklady na renovaci elektroerozivním obráběním	3668	Kč
Náklady na renovaci konvenčním obráběním	3738	Kč

I přes tyto okolnosti jsou obě technologie finančně přibližně stejně nákladné. Lehce výhodněji vychází technologie elektroerozivního obrábění. Ovšem jejich cenový rozdíl je téměř zanedbatelný.

9.1.1.3 Spodní dokovací zápustka pro výkovek Linde

Tato zápustka se vyznačuje středně hlubokými tvary, které jsou relativně snadno přístupné pro řezné nástroje a taktéž i dobře obrobitelné. U nekonvenčního postupu bylo opět použito elektroerozivní obrábění a následné frézování čela frézou $D = 42$ mm. Poslední operací je jehlení.

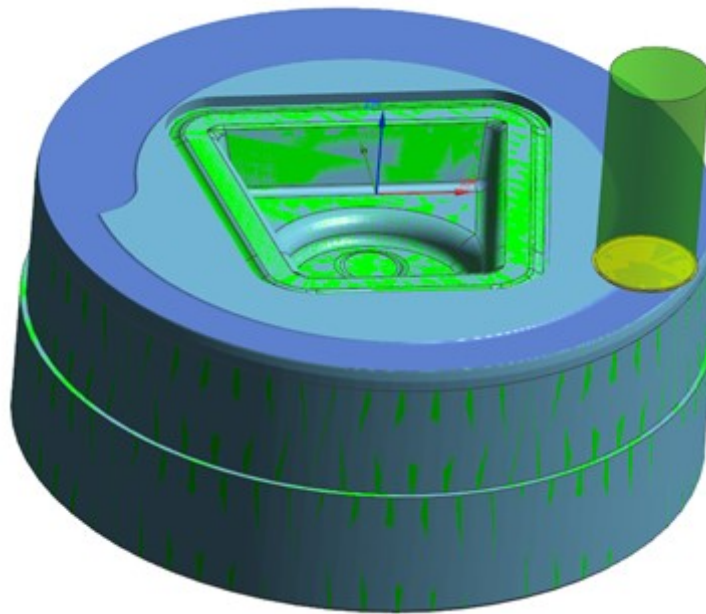
Tab. 12. *Výsledné strojní časy pro 001_dkov_p1*

Výrobní časy a náklady na renovaci pro 001_dkov_UTB_p1		
Čas renovace elektroerozivním obráběním	230	min
Čas jehlení	5	min
Čas leštění a jehlení	35	min
Čas renovace konvenčním obráběním	170	min
Čas frézování vnější hrany a zbývající části čela po elektroerozivním obrábění	40	min

Tab. 13. *Ceny renovací obou technologií pro 001_dkov_p1*

Výsledné ceny renovací		
Náklady na renovaci elektroerozivním obráběním	3658	Kč
Náklady na renovaci konvenčním obráběním	1968	Kč

Díky výše uvedeným vlastnostem zápustky, zde vychází ekonomicky efektivněji technologie konvenčního obrábění. Tento docela jednoznačný výsledek je o to více zřejmý, že do výpočtů konvenčního obrábění, byla zahrnuta i technologicky nutná operace leštění ploch. Tato operace trvala 35 minut a samotnou cenu renovace to více prodražilo.



Obr. 55. Frézování čela po elektroerozivním obrábění

Z technologického hlediska je obecně výhodnější zvolit jako první operaci elektroerozivní obrábění. Důvodem je zajištění obrábění celého tvaru elektrody, a tím i jejího rovnoměrného opotřebení. Tvar elektrody pokryje celou tvarovou dutinu a přechod do výronkového zásobníku, kde končí pár milimetrů za ním. Zde se za použití konvenčního obrábění napojí řezný nástroj a frézuje zbytek tvaru dělicí roviny.

Tento postup renovace zápustek byl použit pro všechny druhy zápustek v této diplomové práci.

9.1.1.4 Horní dokovací zápustka pro výkovek Linde

Naproti tomu horní dokovací zápustka, jak již bylo řečeno v předchozích kapitolách, je tvarově podstatně náročnější. Zafrézování čela je opět tvořeno frézou $D = 42$ mm. Pro horní i spodní zápustku trvá 40 minut.

Tab. 14. Výsledné strojní časy pro 001_dkov_p2

Výrobní časy a náklady na renovaci pro 001_dkov_UTB_p2		
Čas renovace elektroerozivním obráběním	230	Min
Čas jehlení	5	Min
Čas leštění a jehlení	50	Min
Čas renovace konvenčním obráběním	334	Min
Čas frézování vnější hrany a zbývající části čela po elektroerozivním obrábění	40	Min

Z tabulky výše je zřejmé, že horní dokovací zápustka, je po časové stránce mnohem náročnější, než zápustka spodní.

Tab. 15. Ceny renovací obou technologií pro 001_dkov_p2

Výsledné ceny renovací		
Náklady na renovaci elektroerozivním obráběním	3658	Kč
Náklady na renovaci konvenčním obráběním	3723	Kč

Zde vychází částečně finančně lépe technologie elektroerozivního obrábění. Ovšem rozdíl je opět velmi nepatrný.

9.1.2 Finanční srovnání

Tab. 16. Výsledné finanční srovnání

Zápustka	Náklady na renovaci elektroerozivním obráběním [Kč]	Náklady na renovaci konvenčním obráběním [Kč]	Procentuální diference [%]
001_dkov_p1	3658	1968	-46,2
001_dkov_p2	3658	3723	+1,8
002_dkov_p1	3668	3288	-11,6
002_dkov_p2	3668	3738	+1,9

Symboly ± jsou vztaženy k elektroerozivnímu obrábění

Tab. 17. Výsledné srovnání časové náročnosti

Zápustka	Čas na renovaci elektroerozivním + konvenčním obráběním [min]	Čas na renovaci konvenčním obráběním [min]	Procentuální diference [%]
001_dkov_p1	270	170	-37,0
001_dkov_p2	270	334	+23,7
002_dkov_p1	271	325	-16,6
002_dkov_p2	271	370	+36,5

Symboly ± jsou vztaženy k elektroerozivnímu obrábění

I z procentuálního shrnutí vyplynulo, že rozdíly v cenových nákladech nejsou, až na zápustku se středně hlubokými tvary, příliš významné. U časového srovnání jsou již rozdíly patrnější. Zde ovšem hraje velkou roli vysoká cenová sazba vyjiskřovacího stroje, která podstatně ovlivňuje celkový výsledek.

ZÁVĚR

Hlavním zaměřením této diplomové práce bylo finanční srovnání dvou technologií, použitých pro renovaci kovacích a předkovacích zápustek. Jednalo se o technologii konvenčního obrábění, konkrétně frézování. Druhá technologie byla elektroerozivního obrábění.

V prvním kroku byly vybrány výkovky, jejichž zápustky jsou vhodné pro toto srovnání. Po důkladném zvážení byl zvolen první výkovek, který se používá ve vysokozdvizných vozících značky Linde. Druhý výkovek je dvojitá matice, používaná jako konstrukční prvek nákladních vozidlech značky SCANIA. Zápustky k těmto dvěma výkovkům jsou totiž z hlediska tvarů i složitosti velmi různorodé. Skládají se z plytkých, ale složitých tvarů, dále ze středně hlubokých a nakonec z hlubokých tvarů. Ty jsou v nejhlubších částech velmi úzké.

Dalším krokem byla konstrukce daných zápustek. Pro oba výkovky měly stejný obvodový tvar, odpovídající běžně používaným zápustkám v praxi. Zápustky pro první výkovek byly pouze jednonásobné, ale u druhého výkovku pětinasobné. Tuto skutečnost umožnily velmi malé rozměry výkovku, díky kterým se tvarových dutin do výkovku vlezlo více. Dále všechny zápustky obsahovaly otvory pro vyhazovače, středové i mimo středové. Horní zápustky pro výkovek Linde měly také odvzdušňovací otvory. Konstrukce všech zápustek byla provedena v programu NX 11.0.

Po konstrukci následovalo CNC programování. Po zvážení tvarových vlastností všech daných zápustek bylo rozhodnuto, že CNC programy budou provedeny pouze pro tvarové dutiny zápustek spolu s jejich vtokovými hranami a zbývajícími částmi čel a jejich sražení. Zbylé části zápustek lze vyrobit bez CNC programování a nebylo nutné je zahrnout do této finanční analýzy. Protože jsou předkovací i dokovací tvarově velmi podobné, bylo rozhodnuto, že je dostačující vytvořit CNC programy pouze pro dokovací zápustky. Tento postup byl zvolen pro oba výkovky. Ze strojních časů CNC programů byly vypočteny za pomoci konvenčních technologií ceny renovací. CNC programování bylo opět provedeno v 3D softwaru NX 11.0. Pro renovaci pomocí elektroerozivního obrábění, byla zjištěna sazba vyjiskřovacího stroje a co nejpřesnější odhad strojních časů.

Z výpočtů vyplynulo, že v převážné části případů je výhodnější použít technologii konvenčního CNC obrábění. Elektroerozivní obrábění vycházelo výhodněji pouze u hlubokých, ale také plytkých a složitých tvarů. Ovšem rozdíl v cenách byl pouze nepatrný. Vysoké ceny renovací, za použití elektroerozivního obrábění, jsou dány vysokou cenovou sazbou

strojů. Ta je ovlivněna hlavně vysokými finančními náklady na výrobu elektrod nutných pro výrobu. Lze tedy shrnout, že pro renovaci kovacích i předkovacích zápustek je z celkového hlediska výhodnější použít konvenční technologie obrábění. Posledním cílem diplomové práce byla tvorba nástrojových a seřizovacích listů pro CNC programy. Ty jsou přiloženy ve formě příloh (P IX až P XVI).

Finanční a odborné poznatky byly dodány a konzultovány s představiteli firem Kovárna VIVA a.s. a Alper a.s.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Technologie objemového tváření - kování* [online]. Fakulta strojní: Technická univerzita Liberec [cit. 2018-11-06]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm
- [2] *Svaz kováren ČR z.s.* [online]. Brno, , 1 [cit. 2018-11-20]. ISSN ISSN 1213-9289. Dostupné z: <https://www.skcr.org/>
- [3] JANALÍK, Lukáš. *Návrh konstrukčního řešení robotického chapadla pro kovárenské účely v Kovárně VIVA a.s.* Zlín, Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2016. Vedoucí práce Ing. Ondřej Bílek Ph.D.
- [4] SEDLÁČEK, Jiří. *Drátové elektroerozivní obrábění při výrobě nástrojů na dřevo.* Brno, Diplomová. VUT Brno, 2008. Vedoucí práce Ing. Karel Osička, Ph.D.
- [5] SVOBODA, Jiří. *Nekonvenční technologie elektroerozivního drátového řezání.* Brno, VUT Brno, 2010. Vedoucí práce Ing. Karel Osička, Ph.D.
- [6] ZEMAN, Zdeněk. V čem spočívá tajemství elektroeroze. *Technický týdeník* [online]. 3.1. [cit. 2018-11-28], 2014 Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/v-cem-spociva-tajemstvi-elektroeroze_23808.html
- [7] CHVILÍČEK, Přemysl. *Technologie výroby grafitových elektrod.* Zlín, Bakalářská práce. UTB Zlín, 2016. Vedoucí práce Ing. Ondřej Bílek Ph.D.
- [8] KALENDA, Jan. *ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ PŘI VÝROBĚ TVAROVÝCH DUTIN.* Brno, Diplomová práce. VUT Brno, 2009. Vedoucí práce Ing. Karel Osička.
- [9] Frischherz, A. & Skop, P. *Technologie zpracování kovů.* 5. Vyd, 2004. Praha: SNTL.
- [10] Frischherz, A. & Piegler, H. *Technologie zpracování kovů 2: odborné znalosti.* 2. Vyd, 1996. Praha: SNTL (Wahlberg).
- [11] Mikovec, M. *Obrábění materiálů s velkou pevností a tvrdostí.* 1. 1982. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury.
- [12] Kocman, K.. *Technologické procesy obrábění.* Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM. 2011.
- [13] *Technologie tváření a slévání: Zápustkové kování, slévání.* Ostrava. VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2010. ISBN 978-80-248-2274-7.
- [14] *Volné ruční kování.* Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1986. ISBN 2660169596.

- [15] HAŠEK A KOL., Vladimír. *Kování*. Praha 1: Státní nakladatelství technické literatury, 1965.
- [16] LIEWALD, Mathias, ed. *New Developments in Forging Technology*. Institute for metal forming technology University of Stuttgart: Inventum, 2015. ISBN 978-3-88355-409-9.
- [17] *Základy programování a obsluha CNC strojů* [online]., 44 [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: http://www2.sps-jia.cz/~hill/zakl_progr.pdf?fbclid=IwAR0A_vDvSn750Jast4sQDuwe1UTjruX9N28MxMTKlyzejorBvPZ0g4UOGN4
- [18] VRABEC, Martin a Jan MÁDL. *NC programování v obrábění*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03045-8.
- [19] *Amatérský kovář: Kalení I* [online]. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: http://kovarna.webzdarma.cz/stranky/zakladni_postupy/kaleni1.htm
- [20] NOVÁK, Ivan. *Ivan-Novák-Ranch-N: Historie podkovy* [online]. In: . 2009 [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <https://novak-ranch-n.webnode.cz/historie-podkovy/>
- [21] KOSOVÁ, Jana a Kateřina JIŘINCOVÁ. *Vodní hamr v Dobřívě na Rokycansku prochází náročnou rekonstrukcí* [online]. In: . 30.4.2018 [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <https://plzen.rozhlas.cz/vodni-hamr-v-dobrive-na-rokycansku-prochazi-narocnou-rekonstrukci-7194494>
- [22] *Šmeral Brno a.s.: Tvářecí linky a soubory* [online]. In: . 2017 [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: http://www.smeral.cz/tvareci_linky.html
- [23] *ŽĎAS: Zařízení pro volné kování* [online]. Žďár nad Sázavou [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.zdas.com/cs/produkce/zarizeni-volne-kovani/>
- [24] *ELUC: Elektroerozivní obrábění* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1398>
- [25] *SANDVIK Coromant: Sousledné frézování nebo nesousledné frézování* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/milling/pages/up-milling-vs-down-milling.aspx>
- [26] ČUPA, Bc. Jan. *Stanovení optimálních řezných podmínek na základě vizualizace řezných odporů*. Brno, Diplomová. Mendelova univerzita v Brně, 2017. Vedoucí práce Doc. Ing. Michal Černý, CSc.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

D	Průměr [mm]
R	Rádus [mm]
D_s	Středící průměr [mm]
HRC	Tvrдость dle Rockwella
R_a	Střední aritmetická drsnost povrchu [μm]
P. n. l.	Před našim letopočtem
Tzn.	To znamená
$^{\circ}\text{C}$	Stupeň Celsia
Dok.	Dokončovací
Hrub.	Hrubovací
Např.	Například
V_C	Řezná rychlost [m/min]
V_F	Rychlost posuvu [mm/min]
V_e	Rychlost řezného pohybu [m/min]
φ	Úhel posuvového pohybu [$^{\circ}$]
η	Úhel řezného pohybu [$^{\circ}$]
P_{fc}	Pracovní boční rovina
S	Průřez třísky [mm^2]
SSSR	Svaz sovětských socialistických republik
USA	Spojené státy americké
Dr.	Doktor
EDM	Hloubení nebo tvarové elektroerozivní obrábění
EDG	Elektroerozivní broušení
WEDM	Elektroerozivní drátové řezání

ČSN	Česká technická norma
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
VDI	Stupnice kvality povrchu po elektroerozivním obrábění
NC	Číslicové řízení
CNC	Počítačové číslicové řízení
CAD	Počítačem podporované projektování
CAM	Počítačem podporované obrábění
CL	Data generovaná pomocí procesoru
R	Referenční bod
M	Absolutní počátek souřadného systému stroje
<i>W</i>	Nulový bod obrobku
<i>T</i>	Vztažný bod upínače nástrojů
P	Výchozí bod nástroje
<i>N</i>	Číslo bloku
<i>G</i>	Přídavná funkce CNC programu
<i>M</i>	Pomocná funkce CNC programu
Pkov	Předkovací zápusťka
Dkov	Dokovací zápusťka
P1	Spodní zápusťka
P2	Horní zápusťka

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Kovací teploty (červené rozhraní) v diagramu Fe-Fe₃C [19]</i>	12
<i>Obr. 2. Ruční výroba podkov [20]</i>	13
<i>Obr. 3. Vodní hamr [21]</i>	13
<i>Obr. 4. Kovací linka Šmeral [22]</i>	14
<i>Obr. 5. Kovářský kříž</i>	15
<i>Obr. 6. Volné kování na stroji ŽĐAZ [23]</i>	16
<i>Obr. 7. Schéma volného strojního kování</i>	16
<i>Obr. 8. Zápustkové kování [2]</i>	17
<i>Obr. 9. Schéma zápustkového kování</i>	17
<i>Obr. 10. Ustřižené polotovary</i>	18
<i>Obr. 11. Pěch tvaru „na hřib“</i>	19
<i>Obr. 12. Předkovek</i>	20
<i>Obr. 13. Výkovek po ostřížení a děrování</i>	20
<i>Obr. 14. Zápustka po renovaci</i>	21
<i>Obr. 15. Konvenční metoda obrábění - soustružení</i>	22
<i>Obr. 16. Schéma soustružení [26]</i>	24
<i>Obr. 17. Sousedné frézování [25]</i>	26
<i>Obr. 18. Nesousedné frézování [25]</i>	27
<i>Obr. 19. Elektroerozivní obrábění</i>	28
<i>Obr. 20. Schéma elektroerozivního obrábění</i>	29
<i>Obr. 21. Schéma EDM [24]</i>	30
<i>Obr. 23. Napěťové a proudové situace při EDM</i>	32
<i>Obr. 24. Tvar elektrody vůči výrobku</i>	33
<i>Obr. 25. Osová soustava frézky (vlevo) a soustruhu (vpravo)</i>	35
<i>Obr. 26. Vztažné body pro CNC soustruhy a frézky</i>	36
<i>Obr. 27. Blok v CNC programu</i>	37
<i>Obr. 28. Výkovek do vysokozdvížných vozíků Linde</i>	40
<i>Obr. 29. Informativní základní rozměry výkovku Linde</i>	40
<i>Obr. 30. Dvojitá matice do nákladních automobilů SCANIA</i>	41
<i>Obr. 31. Informativní základní rozměry výkovky SCANIA</i>	41
<i>Obr. 32. Vzorová zápustka</i>	42
<i>Obr. 33. Spodní dokovací zápustka</i>	43

<i>Obr. 34. Spodní předkovací zápusťka</i>	44
<i>Obr. 35. Horní dokovací zápusťka</i>	44
<i>Obr. 36. Horní předkovací zápusťka</i>	45
<i>Obr. 37. Spodní předkovací zápusťka</i>	46
<i>Obr. 38. Spodní dokovací zápusťka</i>	46
<i>Obr. 39. Horní předkovací zápusťka</i>	47
<i>Obr. 40. Horní dokovací zápusťka</i>	47
<i>Obr. 41. Verifikace CNC programu v NX 11.0</i>	49
<i>Obr. 42. CNC frézka MCFV 1060</i>	50
<i>Obr. 43. Spodní dokovací zápusťka pro výkovek Linde</i>	52
<i>Obr. 44. Spodní dokovací zápusťka pro výkovek Linde</i>	52
<i>Obr. 45. Horní dokovací zápusťka pro výkovek Linde</i>	53
<i>Obr. 46. Horní dokovací zápusťka pro výkovek Linde</i>	53
<i>Obr. 47. Spodní dokovací zápusťka pro výkovek Linde</i>	54
<i>Obr. 48. Horní dokovací zápusťka pro výkovek Linde</i>	55
<i>Obr. 49. Spodní dokovací zápusťka pro výkovek Linde</i>	55
<i>Obr. 50. Horní dokovací zápusťka pro výkovek Linde</i>	56
<i>Obr. 51. Spodní dokovací zápusťka pro výkovek SCANIA</i>	57
<i>Obr. 52. Horní dokovací zápusťka pro výkovek SCANIA</i>	58
<i>Obr. 53. Spodní dokovací zápusťka pro výkovek SCANIA</i>	59
<i>Obr. 54. Horní dokovací zápusťka pro výkovek SCANIA</i>	59
<i>Obr. 55. TimeAnalyzer 2.0.1</i>	61
<i>Obr. 56. Frézování čela po elektroerozivním obrábění</i>	65

SEZNAM TABULEK

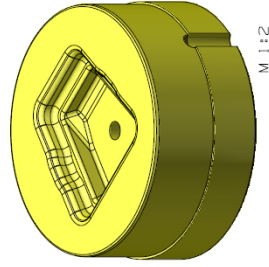
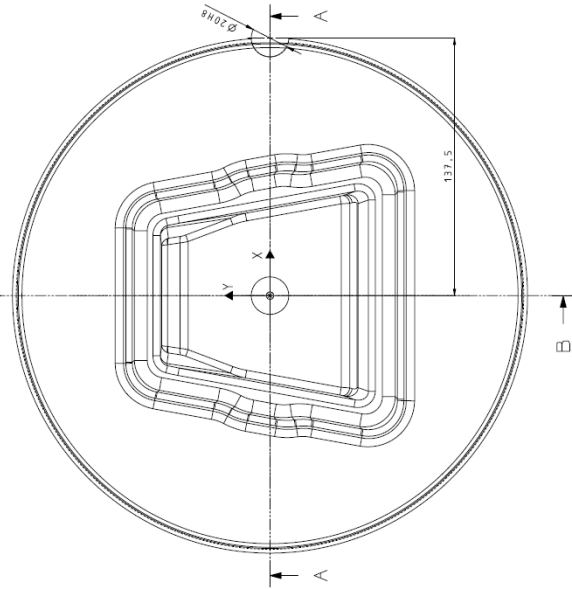
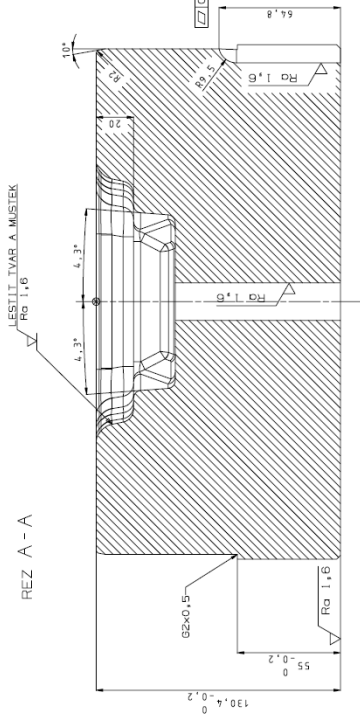
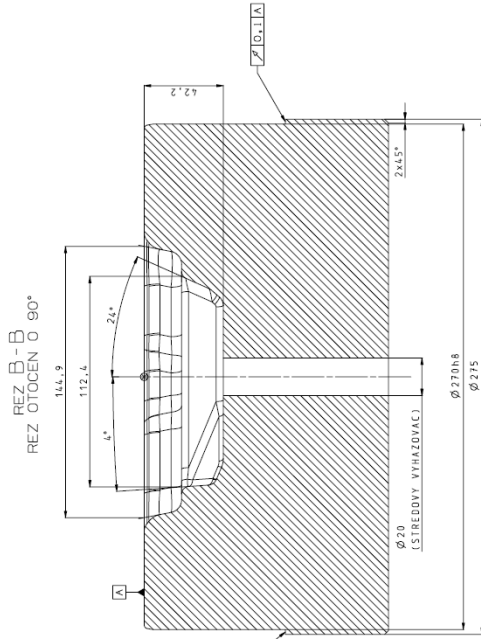
<i>Tab. 1. Dosahované hodnoty drsnosti a přesnosti pro dané operace</i>	23
<i>Tab. 2. Charakteristika materiálů nástrojových elektrod</i>	31
<i>Tab. 3. Dosažené drsnosti metodou EDM</i>	33
<i>Tab. 4. Použité nástroje a řezné parametry</i>	51
<i>Tab. 5. Reálné řezné parametry</i>	56
<i>Tab. 6. Hodinové sazby pro výpočty</i>	61
<i>Tab. 7. Porovnání strojních časů z NX 11.0. a TimeAnalyzeru 2.0.1</i>	62
<i>Tab. 8. Výsledné strojní časy pro 002_dkov_p1</i>	62
<i>Tab. 9. Ceny renovací obou technologií pro 002_dkov_p1</i>	63
<i>Tab. 10. Výsledné strojní časy pro 002_dkov_p2</i>	63
<i>Tab. 11. Ceny renovací obou technologií pro 002_dkov_p2.....</i>	64
<i>Tab. 12. Výsledné strojní časy pro 001_dkov_p1</i>	64
<i>Tab. 13. Ceny renovací obou technologií pro 001_dkov_p1.....</i>	64
<i>Tab. 14. Výsledné strojní časy pro 001_dkov_p2</i>	65
<i>Tab. 15. Ceny renovací obou technologií pro 001_dkov_p2.....</i>	66
<i>Tab. 16. Výsledné finanční srovnání</i>	66
<i>Tab. 17. Výsledné srovnání časové náročnosti</i>	66

SEZNAM PŘÍLOH

V přílohách jsou obsaženy výrobní výkresy zápustek a dále nástrojové a seřizovací listy. Poslední částí příloh jsou 3D modely všech zápustek. Dokovací zápustky obsahují navíc CNC programy pro jejich výrobu i pro renovace.

P I	Spodní dokovací zápustka výkovku Linde
P II	Spodní předkovací zápustka výkovku Linde
P III	Horní dokovací zápustka výkovku Linde
P IV	Horní předkovací zápustka výkovku Linde
P V	Spodní předkovací zápustka výkovku SCANIA
P VI	Spodní dokovací zápustka výkovku SCANIA
P VII	Horní předkovací zápustka výkovku SCANIA
P VIII	Horní dokovací zápustka výkovku SCANIA
P IX	Nástrojový list pro spodní dokovací zápustku výkovku Linde
P X	Seřizovací list pro spodní dokovací zápustku výkovku Linde
P XI	Nástrojový list pro horní dokovací zápustku výkovku Linde
P XII	Seřizovací list pro horní dokovací zápustku výkovku Linde
P XIII	Nástrojový list pro spodní dokovací zápustku výkovku SCANIA
P XIV	Seřizovací list pro spodní dokovací zápustku výkovku SCANIA
P XV	Nástrojový list pro horní dokovací zápustku výkovku SCANIA
P XVI	Seřizovací list pro horní dokovací zápustku výkovku SCANIA
PXVII	3D modely všech zápustek – přiloženy na CD
PXVIII	3D modely dokovacích zápustek s CNC programy – přiloženy na CD

PŘÍLOHA P II: SPODNÍ PŘEDKOVACÍ ZÁPUSTKA VÝKOVKU LINDE

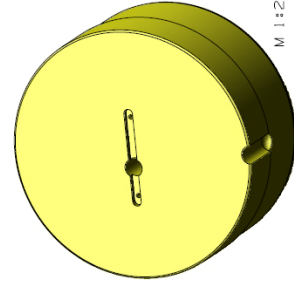
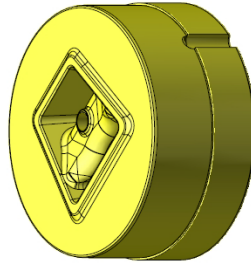
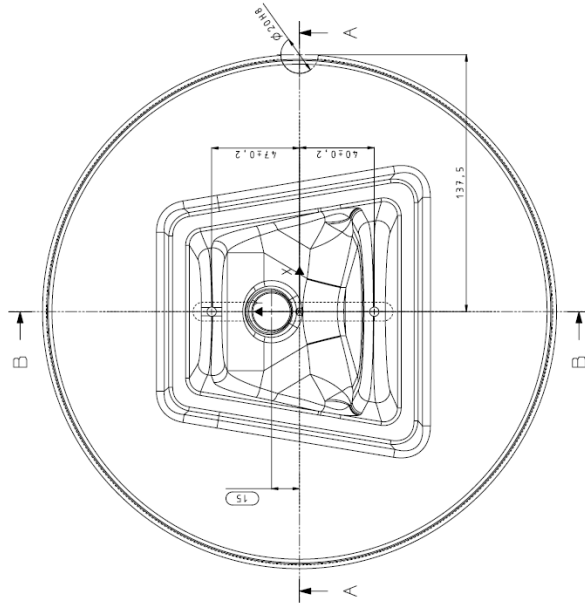
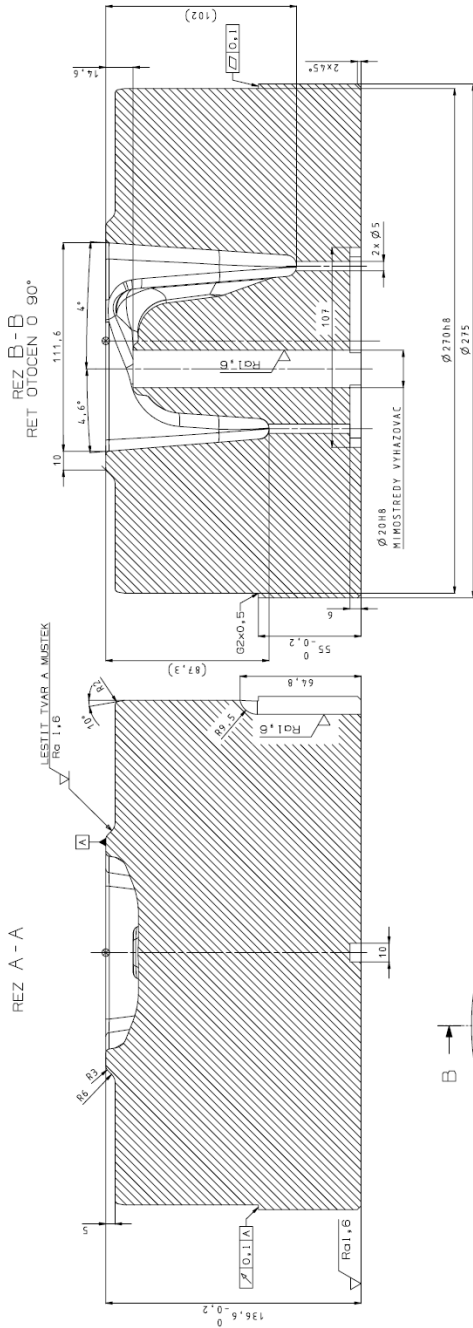


VTKOVÉ RADIUSY R4
NEKOTOVANE HRANY R4/R5
NEKOTOVANE HRANY R3
NEKOTOVANE HRANY 0,5EHLIT
NEKOTOVANE ROZMERY DLE 3D MODELU
VSEDEČNE TOLERANCE DLE ISO 2768-mH
TVAR DUTINY VYROBITI V PRESNOSTI ±0,1mm

Ra 3,2 (Ra 1,6)

Zn.	Zmena	Datum	Jmeno
Název: Dkov zapustka spodni			Jakost vstupu: 1.2343
Kresli: Hruska	Datum: 2.5.2019	Tvrdost po TZ: 50-52 HRC	
Schválil: Hruska	Datum: 2.5.2019	Hl. vrtavy: -	
M:1:1 PRO A2	Revizor: 0		
c.v: 001	naradi: PKOV	poz.: 1	poc.k: 1

PŘÍLOHA P III: HORNÍ DOKOVACÍ ZÁPUSTKA VÝKOVKU LINDE

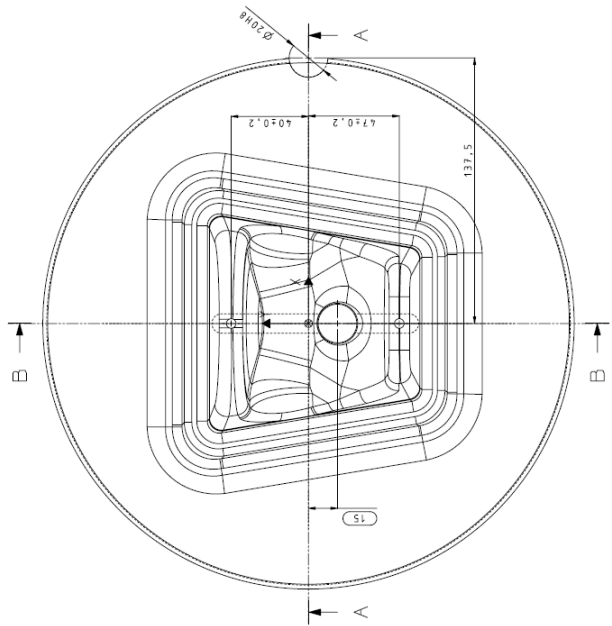
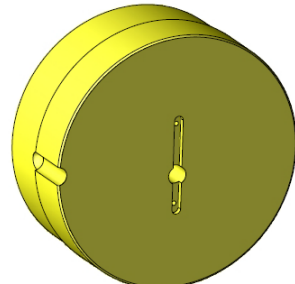
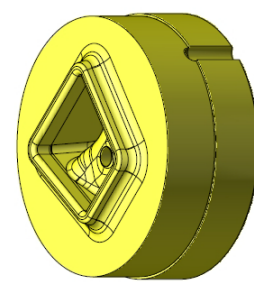
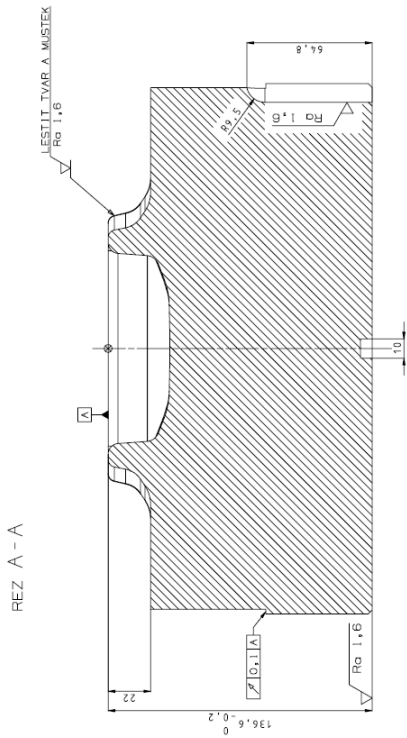
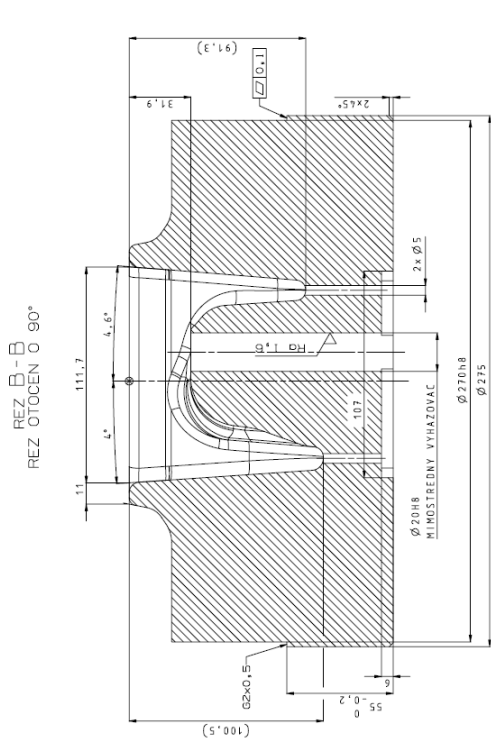


VTKOVÉ RADIUSY R2
 NEKOTOVANÉ RADIUSY RE/R7
 NEKOTOVANÉ UKOSY 3°
 NEKOTOVANÉ HRANY 0.4 ELIT
 NEKOTOVANÉ ROZMĚRY DLE 3D MODELU
 VSEOBECNĚ TOLERANCE DLE ISO 2768-mH
 TVAR DUTINY VYROBIT V PŘESNOSTI ± 0.1 mm

Ra 3,2 () Ra 1,6 ()

Zn.	Zmena	Datum	Jmeno
Nazev: Dkov zapustka horni Datum: 2.5.2019 Tvrdost po TZ: 1,2343			Jakost vstupni: 1,2343
Schvalli: Hruska Datum: 2.5.2019 Hl. vystvy: -			Tvrdost po TZ: 50-52 HRC
M:1:1 PRO A1 Revize: 0			Hl. vystvy: -
c.v:	001	naradi:	dkov poz.: 2 poc.ks: 1

PŘÍLOHA P IV: HORNÍ PŘEDKOVACÍ ZÁPUSTKA VÝKOVKU LINDE



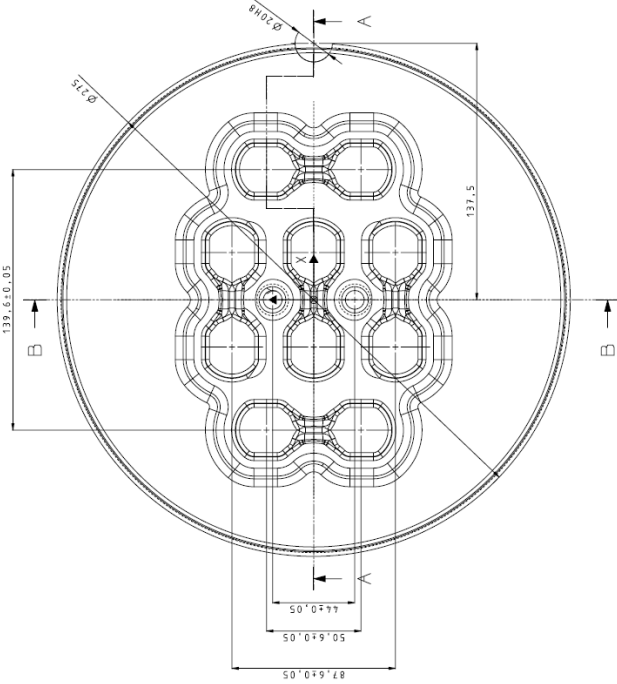
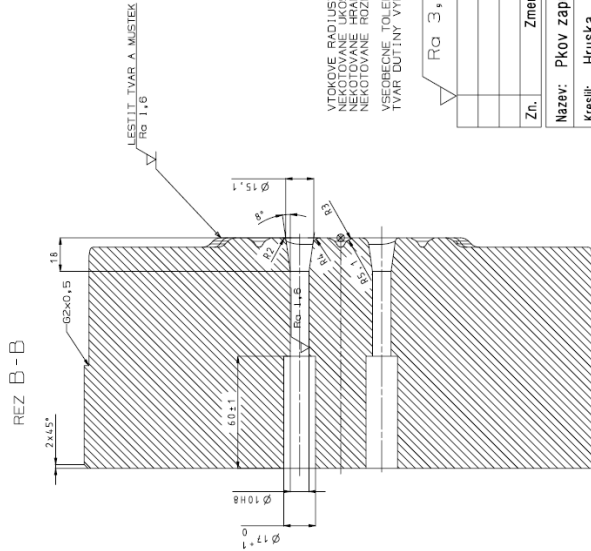
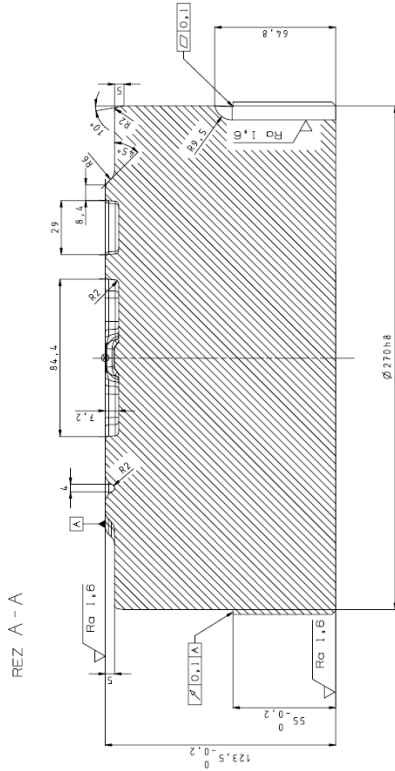
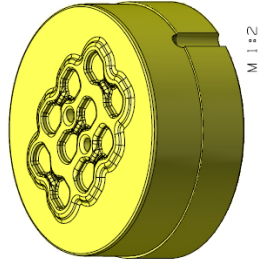
VTKOVÉ RADIUSY R5
NEKOTOVANE ÚKOSY 3°
NEKOTOVANE HRANY OJEHLIT
NEKOTOVANE ROZMERY DLE 3D MODELU
VŠEOBECNE TOLERANCE DLE ISO 2768-mH
TVAR DUTINY VYROBIT V PŘESNOSTI ±0.1mm

\sqrt{Ra} 3,2 (\sqrt{Ra} 1,6)

Zn.	Zmena	Datum	Jmeno

Nazev: Pkov zapustka horni	Jakost vstupni:
Kreslit: Hruska	1.2343
Datum: 2.5.2019	Tvrdost po TZ:
Schválit: Hruska	50-52 HRC
M:11 PRO A2	Hl. vsivky: -
Revize: 0	
c.v: 001	naradi: PKOV
poz.: 2	poc.ks: 1

PŘÍLOHA P V: SPODNÍ PŘEDKOVACÍ ZÁPUSTKA VÝKOVKU SCANIA

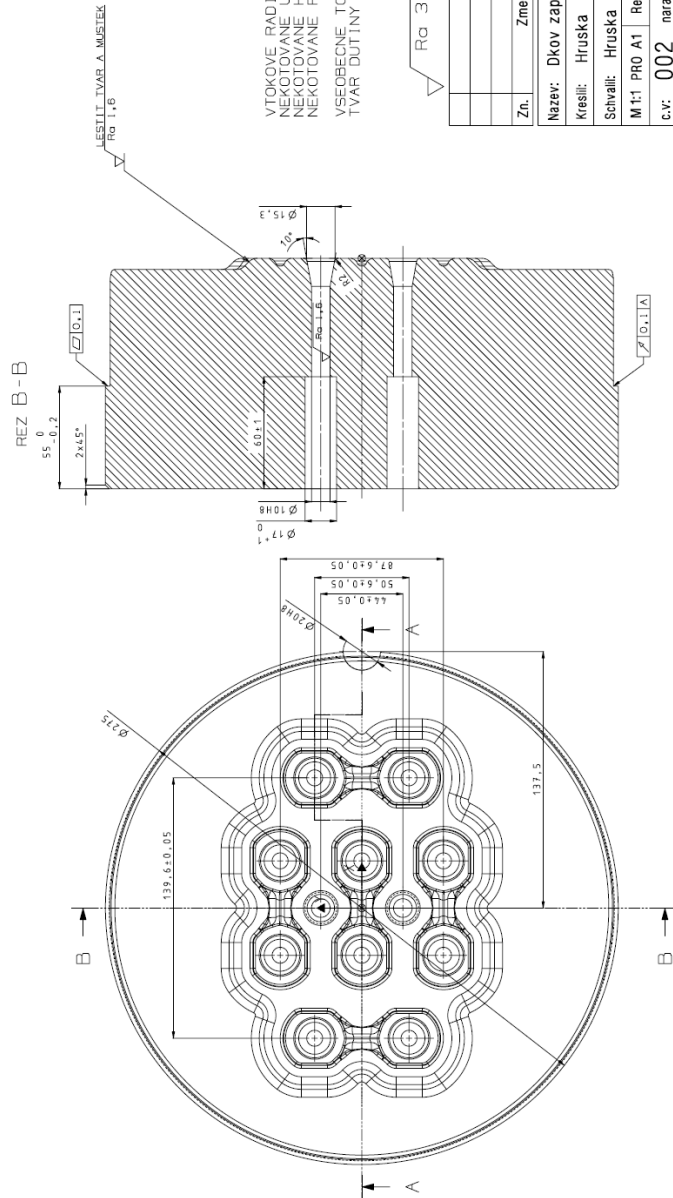
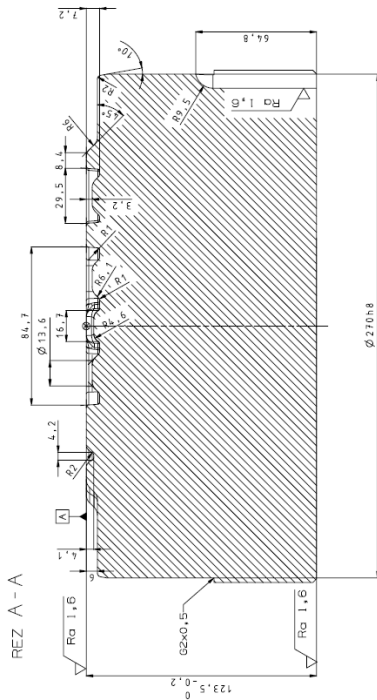
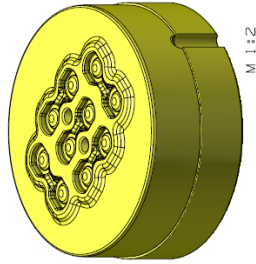


VTKOVÉ RADIUSY R2 - R4
NEKOTOVANÉ ÚKOSY 4° - 8H LT
NEKOTOVANÉ ROZMĚRY DLE 3D MODELU
VÝKOVÉ TOLERANCE DLE ISO 2768-PMH
TVAR DUTINY VYRBEIT V PŘESNOSTI ±0,1mm

Ra 3,2 Ra 1,6

Zn.	Změna	Datum	Jméno
Název: Pkov zapustka spodni			Jakost vstupu: 1,2343
Kreslil: Hruska	Datum: 2.5.2019	Tvrdość po Tz: 50-52 HRC	
Schválil: Hruska	Datum: 2.5.2019	Hl. vrstvy: -	
M 1:1 PRO A1	Revize: 0		
c.v: 002	naradi: pkov	poz.: 1	poc.k.s: 1

PŘÍLOHA P VI: SPODNÍ DOKOVACÍ ZÁPUSTKA VÝKOVKU SCANIA

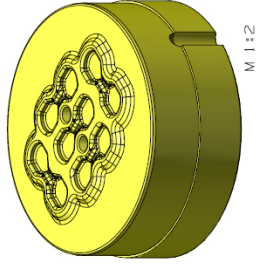


VTOKOVÉ RADIUSY R1,5
NEKOTOVANE UHOSY 6°
NEKOTOVANE HRANY 0,4EHLIT
NEKOTOVANE ROZMERY DLE 3D MODELU
VSEOBECNE TOLERANCE DLE ISO 2768-mH
TVAR DUTINY VYROBIT V PRESNOSTI ±0,1mm

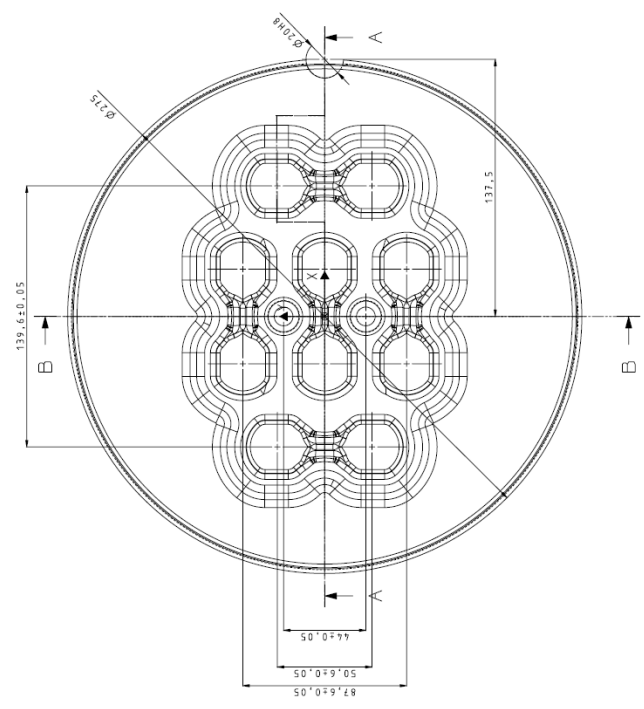
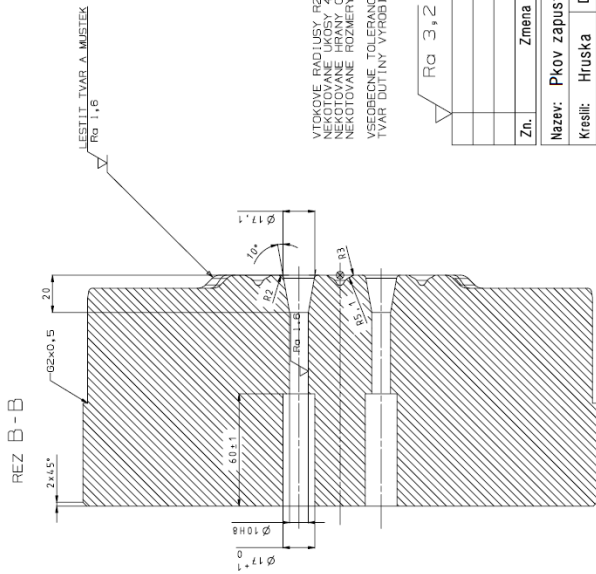
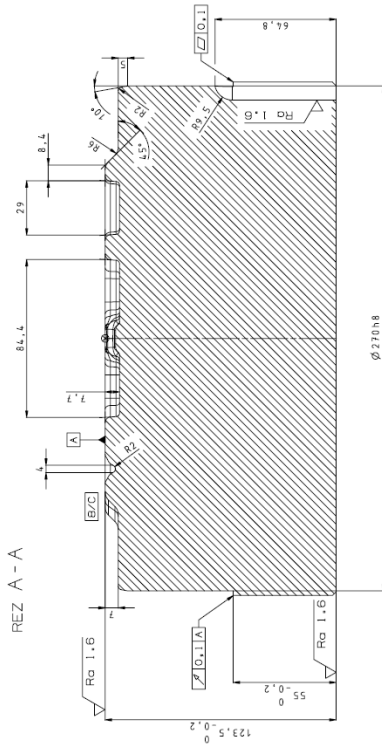
√ Ra 3,2 (√ Ra 1,6)

Zn.	Zmena	Datum	Jmeno
Nazev: Dkov zapustka spodni			Jakost vstupni: 1,2343
Kreslil:	Hruska	Datum: 2.5.2019	Tvrdost po Tz: 50-52 HRC
Schválil:	Hruska	Datum: 2.5.2019	Hl. vstivy: -
M:11	PRO A1	Revize: 0	
c.v:	002	naradi:	dkov poz.: 1 poc.ks: 1

PŘÍLOHA P VII: HORNÍ PŘEDKOVACÍ ZÁPUSTKA VÝKOVKU SCANIA



M 1:2



VTKOVKE RADIJSKY R2 - R4
NEKOTOVANE UKOSY 4°
NEKOTOVANE HRANY OJELIT
NEKOTOVANE ROJMERY DLE 3D MODELU
VSEBECHNE TOLERANCE DLE ISO 2768-mH
TVAR DUTINY VYROBITI V PRESNOSTI ±0.1mm

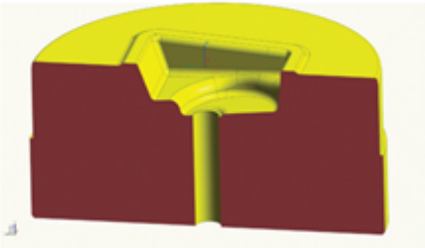
Ra 3,2 (Ra 1.6)

Zh.	Zmena	Datum	Jmeno
Název: Pkov zapustka horni			Jakost vstupni:
Kresli: Hruska			1.2343
Datum: 3.5.2019			Tvrdest po Tz:
Datum: 3.5.2019			50-52 HRC
M:1:1 PRO A1			HL. vrstvy:
Revize: 0			-
c.v:	002	naradi:	PKOV
		poz.:	2
			poj.ks: 1

PŘÍLOHA P IX: NÁSTROJOVÝ LIST PRO SPODNÍ DOKOVACÍ ZÁPUSTKU VÝKOVKU LINDE

SIEMENS

NÁSTROJOVÝ LIST

	0	
JEDNOTKA	MM	
OBRÁZEK		

ČÍSLO NÁSTROJE	NÁZEV NÁSTROJE	PRŮMĚR NÁSTROJE	PRACOVNÍ DÉLKA NÁSTROJE	DÉLKA NÁSTROJE	STROJNÍ ČAS [MIN]	NÁZEV OPERACE
1101	F42_R5_VBD_L95	42.0000	50.0000	95.0000	13.49	HRUB.DR.17_SNIZ.5MM HRUB.DUT.17_SNIZ.5MM
1201	F42_R2_VBD_L90	42.0000	2.0000	90.0000	31.96	HRUB.CELO.07_SNIZ.5MM SL.CELO.07_SNIZ.5MM SL.CELO.07_SNIZ.5MM_COPY
1601	F20_R5_VBD_L78	20.0000	45.0000	78.0000	47.47	SL.DR.27_SNIZ.5MM HR.DUT.27_SNIZ.5MM HR.DNO.27_SNIZ.5MM HR.DNO.277_SNIZ.5MM HR.DNO.2777_SNIZ.5MM SL.DR.DNO.27.5MM
2002	F12_R3.5_VBD_L80_POKOLM	12.0000	50.0000	80.0000	22.61	HR.DUT.37_SNIZ.5MM SL.DUT.37 SL.DNO.37
3202	F8_R4_VBD_L80	8.0000	4.0000	70.0000	54.04	SL.DUT.47 HR.DUT.47 HR.DUT.477 SL.DUT.477 SL.DNO.47 SL.DNO.477 SL.DNO.4777 SL.RAD.47
3301	F6_R3_VBD_L75	6.0000	50.0000	95.0000	1.87	SL.RAD.57

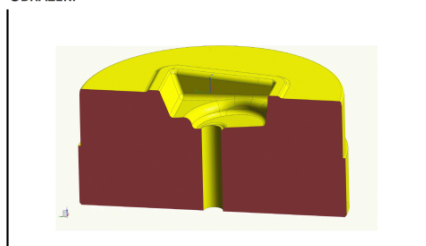
PŘÍLOHA P X: SEŘIZOVACÍ LIST PRO SPODNÍ DOKOVACÍ ZÁPUSTKU VÝKOVKU LINDE

SIEMENS


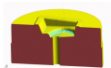

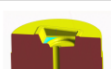
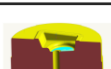
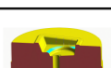
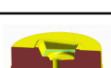




SEŘIZOVACÍ LIST

JEDNOTKA: MM

OBRÁZEK:



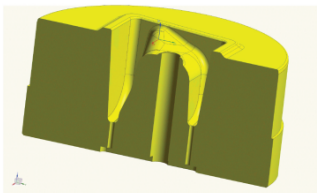
ČÍSLO OPERACE	NÁZEV OPERACE	PROGRAM	NÁZEV NÁSTROJE	STROJNÍ ČAS [MIN]	NÁHLED OPERACE
1	HRUB.DR.17_SNIZ.5MM	PRG_17_SNIZ.5MM	F42_R5_VBD_L9 5	6.34	
2	SL.DR.27_SNIZ.5MM	PRG_27_SNIZ.5MM	F20_R5_VBD_L7 8	24.18	
3	HRUB.DUT.17_SNIZ.5MM	PRG_17_SNIZ.5MM	F42_R5_VBD_L9 5	7.15	
4	HR.DUT.27_SNIZ.5MM	PRG_27_SNIZ.5MM	F20_R5_VBD_L7 8	12.67	
5	HR.DNO.27_SNIZ.5MM	PRG_27_SNIZ.5MM	F20_R5_VBD_L7 8	0.41	
6	HR.DNO.277_SNIZ.5MM	PRG_27_SNIZ.5MM	F20_R5_VBD_L7 8	2.01	
7	HR.DNO.2777_SNIZ.5MM	PRG_27_SNIZ.5MM	F20_R5_VBD_L7 8	1.70	
8	HR.DUT.37_SNIZ.5MM	PRG_37_SNIZ.5MM	F12_R3.5_VBD_L80_POKOLM	21.58	
9	SL.DUT.37	PRG_37_SNIZ.5MM	F12_R3.5_VBD_L80_POKOLM	0.90	
10	SL.DNO.37	PRG_37_SNIZ.5MM	F12_R3.5_VBD_L80_POKOLM	0.12	
11	SL.DUT.47	PRG_47_SNIZ.5MM	F8_R4_VBD_L80	24.75	
12	HR.DUT.47	PRG_47_SNIZ.5MM	F8_R4_VBD_L80	1.15	

ČÍSLO OPERACE	NÁZEV OPERACE	PROGRAM	NÁZEV NÁSTROJE	STROJNÍ ČAS [MIN]	NÁHLED OPERACE
13	HR.DUT.477	PRG_47_SNIZ.5MM M	F8_R4_VBD_L80	0.11	
14	SL.DUT.477	PRG_47_SNIZ.5MM M	F8_R4_VBD_L80	5.96	
15	SL.DR.DNO.27.5MM	PRG_27_SNIZ.5MM M	F20_R5_VBD_L78	6.50	
16	SL.DNO.47	PRG_47_SNIZ.5MM M	F8_R4_VBD_L80	4.51	
17	SL.DNO.477	PRG_47_SNIZ.5MM M	F8_R4_VBD_L80	7.91	
18	SL.DNO.4777	PRG_47_SNIZ.5MM M	F8_R4_VBD_L80	5.13	
19	SL.RAD.47	PRG_47_SNIZ.5MM M	F8_R4_VBD_L80	4.51	
20	SL.RAD.57	PRG_57_SNIZ.5MM M	F6_R3_VBD_L75	1.87	
21	HRUB.CELO.07_SNIZ.5MM	PRG_07_SNIZ.5MM M	F42_R2_VBD_L90	12.79	
22	SL.CELO.07_SNIZ.5MM	PRG_07_SNIZ.5MM M	F42_R2_VBD_L90	2.81	
23	SL.CELO.07_SNIZ.5MM_COPY	PRG_67_REN_VYF JISKROVANI	F42_R2_VBD_L90	16.35	

PŘÍLOHA P XI: NÁSTROJOVÝ LIST PRO HORNÍ DOKOVACÍ ZÁPUSTKU VÝKOVKU LINDE

SIEMENS

NÁSTROJOVÝ LIST

JEDNOTKA	MM
OBRÁZEK:	

ČÍSLO NÁSTROJE	NÁZEV NÁSTROJE	PRŮMĚR NÁSTROJE	PRACOVNÍ DÉLKA NÁSTROJE	DÉLKA NÁSTROJE	STROJNÍ ČAS [MIN]	NÁZEV OPERACE
1101	F42_R5_VBD_L95	42.0000	50.0000	95.0000	33.05	HRUB_DR.17_SNIZ.5MM SL_DR.17_SNIZ.5MM SL.SRAZENI_17_SNIZ.5MM HRUB_DR.17_SNIZ.5MM
1201	F42_R2_VBD_L90	42.0000	2.0000	90.0000	4.61	HRUB.CELO.07_SNIZ.5MM HRUB.CELO.07_SNIZ_5MM
1601	F20_R5_VBD_L78	20.0000	30.0000	129.0000	27.07	HR_DUT.27_SNIZ.5MM HR_DUT.217_SNIZ.5MM
2001	F12_R3.5_VBD_L61	12.0000	30.0000	85.5000	61.42	HR_DUT.47_SNIZ.5MM HR_DUT_47_SNIZ.5MM HR_DUT.37_SNIZ.5MM SL_DNO.37_SNIZ.5MM
2003	F12_R3.5_VBD_L100_TVRDOKOV_TRN	12.0000	40.0000	146.5000	15.14	HR_DUT_48_SNIZ.5MM
3301	F6_R3_VBD_L40	6.0000	15.0000	40.0000	1.20	SL_RAD_77_SNIZ.5MM
3100	F10_R5_VBD_L61	10.0000	20.0000	81.0000	93.40	SL.DUT_57_SNIZ.5MM SL.DUT.57_SNIZ.5MM
3101	F10_R5_VBD_L82	10.0000	30.0000	102.0000	37.58	HR.DUT_58_SNIZ.5MM SL.DUT_58_SNIZ.5MM SL.DUT_518_SNIZ.5MM
3102	F10_R5_VBD_L103_TVRDOKOV_TRN	10.0000	30.0000	123.0000	31.46	HR_DUT_67_SNIZ.5MM SL_DUT_67_SNIZ.5MM HR_DUT_617_SNIZ.5MM SL_DUT_617_SNIZ.5MM SL_DNO_67_SNIZ.5MM

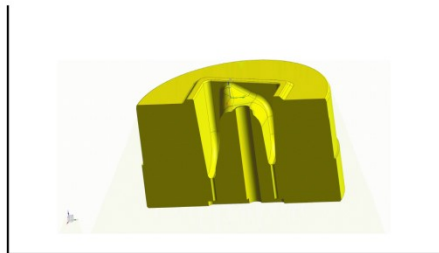
PŘÍLOHA P XII: SEŘIZOVACÍ LIST PRO HORNÍ DOKOVACÍ ZÁPUSTKU VÝKOVKU LINDE

SIEMENS


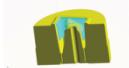










SEŘIZOVACÍ LIST

JEDNOTKA: MM

OBRÁZEK:



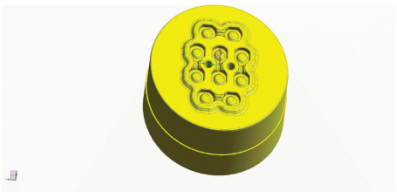
ČÍSLO OPERACE	NÁZEV OPERACE	PROGRAM	NÁZEV NÁSTROJE	STROJNÍ ČAS [MIN]	NÁHLED OPERACE
1	SL_DUT_57_SNIZ.5MM	PRG_57_SNIZ_5.MM	F10_R5_VBD_L6 1	19.92	
2	HRUB_DR.17_SNIZ.5MM	PRG_17_SNIZ_5.MM	F42_R5_VBD_L9 5	16.10	
3	SL_DR.17_SNIZ.5MM	PRG_17_SNIZ_5.MM	F42_R5_VBD_L9 5	4.98	
4	SL_SRAZENI_17_SNIZ.5MM	PRG_17_SNIZ_5.MM	F42_R5_VBD_L9 5	5.27	
5	HRUB_DR.17_SNIZ.5MM	PRG_17_SNIZ_5.MM	F42_R5_VBD_L9 5	6.70	
6	HR_DUT.27_SNIZ.5MM	PRG_27_SNIZ_5.MM	F20_R5_VBD_L7 8	7.49	
7	HR_DUT.217_SNIZ.5MM	PRG_27_SNIZ_5.MM	F20_R5_VBD_L7 8	19.57	
8	HR_DUT.47_SNIZ.5MM	PRG_47_SNIZ_5.MM	F12_R3.5_VBD_L82	19.04	
9	HR_DUT_47_SNIZ.5MM	PRG_47_SNIZ_5.MM	F12_R3.5_VBD_L82	6.52	
10	HR_DUT_48_SNIZ.5MM	PRG_48_SNIZ_5.MM	F12_R3.5_VBD_L100_TVRDOKOV_V_TRN	15.14	
11	HR_DUT_67_SNIZ.5MM	PRG_67_SNIZ_5.MM	F10_R5_VBD_L103_TVRDOKOV_TRN	5.16	
12	SL_DUT_67_SNIZ.5MM	PRG_67_SNIZ_5.MM	F10_R5_VBD_L103_TVRDOKOV_TRN	11.95	

ČÍSLO OPERACE	NÁZEV OPERACE	PROGRAM	NÁZEV NÁSTROJE	STROJNÍ ČAS [MIN]	NÁHLED OPERACE
13	HR.DUT_617_SNIZ.5MM	PRG_67_SNIZ_5MM	F10_R5_VBD_L103_TVRDOKOV_TRN	4.98	
14	SL.DUT.57_SNIZ.5MM	PRG_57_SNIZ_5MM	F10_R5_VBD_L61	73.48	
15	HR.DUT_58_SNIZ.5MM	PRG_58_SNIZ_5MM	F10_R5_VBD_L82	3.97	
16	SL.DUT_58_SNIZ.5MM	PRG_58_SNIZ_5MM	F10_R5_VBD_L82	27.18	
17	SL.DUT_518_SNIZ.5MM	PRG_58_SNIZ_5MM	F10_R5_VBD_L82	6.43	
18	SL_DUT_617_SNIZ.5MM	PRG_67_SNIZ_5MM	F10_R5_VBD_L103_TVRDOKOV_TRN	3.20	
19	SL_DNO_67_SNIZ.5MM	PRG_67_SNIZ_5MM	F10_R5_VBD_L103_TVRDOKOV_TRN	6.17	
20	HR_DUT.37_SNIZ.5MM	PRG_37_SNIZ_5MM	F12_R3.5_VBD_L61	35.75	
21	SL.RAD_77_SNIZ.5MM	PRG_77_SNIZ_5MM	F6_R3_VBD_L40	1.20	
22	HRUB.CELO.07_SNIZ.5MM	PRG_07_SNIZ_5MM	F42_R2_VBD_L90	3.78	
23	HRUB.CELO.07_SNIZ_5MM	PRG_07_SNIZ_5MM	F42_R2_VBD_L90	0.83	
24	SL_DNO.37_SNIZ.5MM	PRG_37_SNIZ_5MM	F12_R3.5_VBD_L61	0.11	

PŘÍLOHA P XIII: NÁSTROJOVÝ LIST PRO SPODNÍ DOKOVACÍ ZÁPUSTKU VÝKOVKU SCANIA

SIEMENS

NÁSTROJOVÝ LIST

JEDNOTKA	MM
Pictures :	
	

ČÍSLO NÁSTROJE	NÁZEV NÁSTROJE	PRŮMĚR NÁSTROJE	PRACOVNÍ DÉLKA NÁSTROJE	DÉLKA NÁSTROJE	STROJNÍ ČAS [MIN]	NÁZEV OPERACE
1101	F42_R5_VBD_L95	42.0000	50.0000	95.0000	28.47	HR.DR_17_REN_5.MM
1201	F42_R2_VBD_L90	42.0000	50.0000	90.0000	21.06	CELO_07_REN_5.MM SL.UKOS_17_REN_5.MM
1601	F20_R5_VBD_L56	20.0000	20.0000	56.0000	20.24	SL.DR_27_REN_5.MM SL.DR_277_REN_5.MM HR.DUT_277_REN_5.MM
2001	F12_R3.5_VBD_L28	12.0000	28.0000	75.0000	16.28	DOK.DR_37_REN_5.MM HR.DUT_37_REN_5.MM HR.ZAHL_37_REN_5.MM
3201	F8_R4_VBD_L75	8.0000	50.0000	75.0000	31.31	M.DUT_47_REN_5.MM HR.DUT_47_REN_5.MM HR.ZAHL_47_REN_5.MM
3301	F6_R3_VBD_L40	6.0000	3.0000	47.0000	14.92	M.DUT_48_REN_5.MM SL.ZAHL_48_REN_5.MM
5001	F4_R2_SANDVIK_L40	4.0000	20.0000	40.0000	84.18	M.DUT_57_REN_5.MM SL.DUT_67_REN_5.MM SL.DUT_677_REN_5.MM SL.DUT_77_REN_5.MM SL.DUT_777_REN_5.MM SL.DUT_7777_REN_5.MM M_DNA_77_REN_5.MM
5501	F4_R1_DEPO_L18	4.0000	18.0000	40.0000	39.62	M.R1_DUT_87_REN_5.MM M.R1_DUT_877_REN_5.MM SL.DNA_87_REN_5.MM

PŘÍLOHA P XIV SEŘIZOVACÍ LIST PRO SPODNÍ DOKOVACÍ ZÁPUSTKU VÝKOVKU SCANIA


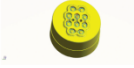
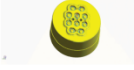

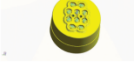







SIEMENS

SEŘIZOVACÍ LIST

JEDNOTKA: MM
OBRÁZEK:




ČÍSLO OPERACE	NÁZEV OPERACE	PROGRAM	NÁZEV NÁSTROJE	STROJNÍ ČAS [MIN]	NÁHLED OPERACE
1	SL.DR_27_REN_5.MM	PRG_27_REN_SN IZ_5.MM	F20_R5_VBD_L5 6	9.81	
2	SL.DR_277_REN_5.MM	PRG_27_REN_SN IZ_5.MM	F20_R5_VBD_L5 6	5.43	
3	DOK.DR_37_REN_5.MM	PRG_37_REN_SN IZ_5.MM	F12_R3.5_VBD_ L28	2.70	
4	HR.DUT_37_REN_5.MM	PRG_37_REN_SN IZ_5.MM	F12_R3.5_VBD_ L28	13.37	
5	M.DUT_47_REN_5.MM	PRG_47_REN_SN IZ_5.MM	F8_R4_VBD_L75	3.10	
6	HR.DUT_47_REN_5.MM	PRG_47_REN_SN IZ_5.MM	F8_R4_VBD_L75	26.52	
7	M.DUT_57_REN_5.MM	PRG_57_REN_SN IZ_5.MM	F4_R2_SANDVIK _L40	20.85	
8	SL.DUT_67_REN_5.MM	PRG_67_REN_SN IZ_5.MM	F4_R2_SANDVIK _L40	8.55	
9	SL.DUT_677_REN_5.MM	PRG_67_REN_SN IZ_5.MM	F4_R2_SANDVIK _L40	29.42	
10	SL.DUT_77_REN_5.MM	PRG_77_REN_SN IZ_5.MM	F4_R2_SANDVIK _L40	14.53	
11	SL.DUT_777_REN_5.MM	PRG_77_REN_SN IZ_5.MM	F4_R2_SANDVIK _L40	3.72	
12	SL.DUT_7777_REN_5.MM	PRG_77_REN_SN IZ_5.MM	F4_R2_SANDVIK _L40	0.70	

ČÍSLO OPERACE	NÁZEV OPERACE	PROGRAM	NÁZEV NÁSTROJE	STROJNÍ ČAS [MIN]	NÁHLED OPERACE
13	M_DNA_77_REN_5.MM	PRG_77_REN_SNI IZ_5.MM	F4_R2_SANDVIK _L40	6.42	
14	M.R1_DUT_87_REN_5.MM	PRG_87_REN_SNI IZ_5.MM	F4_R1_DEPO_L 18	14.53	
15	M.R1_DUT_877_REN_5.MM	PRG_87_REN_SNI IZ_5.MM	F4_R1_DEPO_L 18	21.33	
16	SL.DNA_87_REN_5.MM	PRG_87_REN_SNI IZ_5.MM	F4_R1_DEPO_L 18	3.75	
17	HR_DUT_277_REN_5.MM	PRG_27_REN_SNI IZ_5.MM	F20_R5_VBD_L5 6	5.00	
18	M.DUT_48_REN_5.MM	PRG_48_REN_SNI IZ_5.MM	F6_R3_VBD_L40	10.78	
19	HR.ZAHL_47_REN_5.MM	PRG_47_REN_SNI IZ_5.MM	F8_R4_VBD_L75	1.70	
20	CELO_07_REN_5.MM	PRG_07_REN_SNI IZ_5.MM	F42_R2_VBD_L9 0	9.17	
21	HR.DR_17_REN_5.MM	PRG_17_REN_SNI IZ_5.MM	F42_R5_VBD_L9 5	28.47	
22	SL.UKOS_17_REN_5.MM	PRG_17_REN_SNI IZ_5.MM	F42_R2_VBD_L9 0	11.89	
23	HR.ZAHL_37_REN_5.MM	PRG_37_REN_SNI IZ_5.MM	F12_R3.5_VBD_ L28	0.21	
24	SL_ZAHL_48_REN_5.MM	PRG_48_REN_SNI IZ_5.MM	F6_R3_VBD_L40	4.14	

PŘÍLOHA P XV: NÁSTROJOVÝ LIST PRO HORNÍ DOKOVACÍ ZÁPUSTKU VÝKOVKU SCANIA

SIEMENS

NÁSTROJOVÝ LIST

JEDNOTKA	MM
OBRÁZEK:	

ČÍSLO NÁSTROJE	NÁZEV NÁSTROJE	PRŮMĚR NÁSTROJE	PRACOVNÍ DÉLKA NÁSTROJE	DÉLKA NÁSTROJE	STROJNÍ ČAS [MIN]	NÁZEV OPERACE
1101	F42_R5_VBD_L75	42.0000	50.0000	75.0000	48.35	HR.DR_10 HR.DR_100
1601	F20_R5_VBD_L56	20.0000	25.0000	56.0000	25.42	SL.DR_20 SL.DR_200
2001	F12_R3.5_VBD_L28	12.0000	28.0000	75.0000	25.79	DOK.DR_30 HR.DUT_30
3201	F8_R4_VBD_L40	8.0000	15.0000	40.0000	29.28	DOK.DR_40 HR.DUT_40 M_DUT_57 M_PUPKU_57 HR.DUT_57 HR.ZAHL_57
3301	F6_R3_VBD_L40	6.0000	15.0000	40.0000	26.65	M_DUT_67 SL.ZAHL_67 SL.ZAS_D.R_67 SL.DNA_67
5001	F4_R2_SANDVIK_L40	4.0000	20.0000	40.0000	100.97	SL.R2_77 M_DUT_77 SL.DUT_87 SL.DUT_877 SL.DUT_97 SL.DUT_977 SL.DUT_9777 M.DNA_97 HR.DR_77 DOK.ZAS_77
5501	F4_R1_DEPO_L18	4.0000	18.0000	40.0000	32.55	M_R1_DUT_107 SL_R1_DUT_107 M_DUT_107

PŘÍLOHA P XVI: SEŘIZOVACÍ LIST PRO HORNÍ DOKOVACÍ ZÁPUSTKU VÝKOVKU SCANIA

















SEŘIZOVACÍ LIST

SIEMENS

JEDNOTKA: MM
OBRÁZEK:



ČÍSLO OPERACE	NÁZEV OPERACE	PROGRAM	NÁZEV NÁSTROJE	STROJNÍ ČAS [MIN]	NÁHLED OPERACE
1	SL.CELO_07_REN	PRG_07_REN_SN IZ_5.MM	F42_R5_VBD_L7 5	1.03	
2	HR.DR_17_REN	PRG_17_REN_SN IZ_5.MM	F42_R5_VBD_L7 5	20.09	
3	HR.DR_177_REN	PRG_17_REN_SN IZ_5.MM	F42_R5_VBD_L7 5	17.09	
4	SL.DR_CELO_27_REN	PRG_27_REN_SN IZ_5.MM	F20_R5_VBD_L5 6	5.94	
5	DOK.DR_37	PRG_37_REN_SN IZ_5.MM	F12_R3.5_VBD_ L28	9.99	
6	DOK.DR_47_REN	PRG_47_REN_SN IZ_5.MM	F8_R4_VBD_L40	7.31	
7	SL.DR_27_REN	PRG_27_REN_SN IZ_5.MM	F20_R5_VBD_L5 6	13.60	
8	HR.DUT_37	PRG_37_REN_SN IZ_5.MM	F12_R3.5_VBD_ L28	15.80	
9	HR.DUT_47_REN	PRG_47_REN_SN IZ_5.MM	F8_R4_VBD_L40	16.82	
10	M_PUPKU_47_REN	PRG_47_REN_SN IZ_5.MM	F8_R4_VBD_L40	2.31	
11	HR.DUT_27_REN	PRG_27_REN_SN IZ_5.MM	F20_R5_VBD_L5 6	5.89	
12	HR.ZAHL_47_REN	PRG_47_REN_SN IZ_5.MM	F8_R4_VBD_L40	2.84	
13	HR.CELO 07 REN	PRG_07_REN_SN IZ_5.MM	F42_R5_VBD_L7 5	10.15	

ČÍSLO OPERACE	NÁZEV OPERACE	PROGAM	NÁZEV NÁSTROJE	STROJNÍ ČAS [MIN]	NÁHLED OPERACE
14	M.DUT_67	PRG_67	F6_R3_VBD_L40	10.73	
15	M.DUT_77	PRG_77	F4_R2_SANDVIK_L40	18.09	
16	SL.DUT_87	PRG_87	F4_R2_SANDVIK_L40	8.78	
17	SL.DUT_877	PRG_87	F4_R2_SANDVIK_L40	28.61	
18	SL.DUT_97	PRG_97	F4_R2_SANDVIK_L40	18.84	
19	SL.DUT_977	PRG_97	F4_R2_SANDVIK_L40	3.96	
20	SL.DUT_9777	PRG_97	F4_R2_SANDVIK_L40	0.68	
21	M.DNA_97	PRG_97	F4_R2_SANDVIK_L40	6.75	
22	M.R1_DUT_107	PRG_107	F4_R1_DEPO_L18	12.50	
23	SL.R1_DUT_107	PRG_107	F4_R1_DEPO_L18	16.12	
24	M.DUT_107	PRG_107	F4_R1_DEPO_L18	3.93	
25	HR.ZAHL_57	PRG_57	F8_R4_VBD_L40	2.73	
26	SL.ZAHL_67	PRG_67	F6_R3_VBD_L40	3.80	
27	SL.ZAS_D.R_67	PRG_67	F6_R3_VBD_L40	10.04	
28	SL.DNA_67	PRG_67	F6_R3_VBD_L40	2.07	
29	HR.DR_77	PRG_77	F4_R2_SANDVIK_L40	1.94	
30	DOK.ZAS_77	PRG_77	F4_R2_SANDVIK_L40	3.18	