



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE SOUČÁSTI "VÍKO" V PODMÍNKÁCH STŘEDNĚ VELKÉ STROJÍRENSKÉ FIRMY

SOLUTION TECHNOLOGY OF PART "VÍKO" IN THE CONDITION OF A MIDDLE-SIZED  
COMPANY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PETR KAVAN

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/11

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Petr Kavan

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

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

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

**Řešení technologie součásti "víko" v podmínkách středně velké strojírenské firmy**

v anglickém jazyce:

**Solution technology of part "víko" in the condition of a middle-sized company**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úvodní rozbor součásti (funkčnost, polotovar, technologičnost). Posouzení stávajícího stavu technologie. Návrh nové varianty na reálné podmínky. Detailní rozpracování technologické dokumentace (výrobní postup, návodky, NC program). Doporučení progresivního nářadí v souladu se strojovým parkem firmy. Ekonomické zhodnocení v podmínkách firmy.

Cíle diplomové práce:

Návrh a řešení technologie pro dané podmínky. Zpracování dokumentace na úrovni TPV ve firmě. Vyhodnocení navrženého řešení.

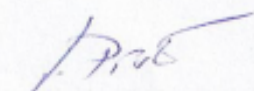
Seznam odborné literatury:

1. CIHLÁŘOVÁ, P., HILL, M. and PÍŠKA, M. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOCMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
6. KOCMAN, K. Speciální technologie obrábění. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Kalivoda

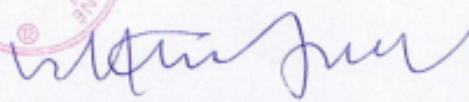
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 24.11.2010

  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.  
Ředitel ústavu

L.S.



  
\_\_\_\_\_  
prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan

## ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá zhodnocením stávající technologie výroby součásti „víko hydrauliky“ a návrhem nové progresivní varianty obrobení této součásti. Řešení je zaměřeno především na racionalizaci řezných nástrojů a volbu vhodných progresivních řezných nástrojů. Snahou je docílení kratších výrobních časů a tím snížení nákladů na výrobu komponenty. S tímto problémem souvisí změna technologické dokumentace a technicko-ekonomické zhodnocení pro stanovení doby návratnosti investice do progresivních nástrojů.

### ***Klíčová slova***

Obrábění, obrobitelnost, tvárná litina, víko hydrauliky, frézování, vrtání, vyvrtávání, vystružování, technologie výroby, řezné nástroje, obráběcí centrum, technická dokumentace, technická příprava výroby.

## ABSTRACT

The diploma thesis is concerned with evaluation of actual production technology of part “hydraulics cover” and with design of new, progressive variation machining of this part. Solution is focused at first on rationalization of cutting tools and choice of suitable cutting tools. An effort is to achieve shorter production time and decrease costs on production of component. With this problem is related alteration of technological documentation and technical economic evaluation for determination return rate of investments into progressive cutting tools.

### ***Key words***

Machining, machinability, nodular cast iron, hydraulics cover, milling, drilling, boring, reaming, manufacturing technology, cutting tools, machining centre, technical documentation, technical preparation of production

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KAVAN, Petr. *Řešení technologie součásti „víko“ v podmínkách středně velké strojírenské firmy: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 89 s., 11 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Řešení technologie součásti „víko“ v podmínkách středně velké strojírenské firmy* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: 27. 05. 2011

.....  
Bc. Petr Kavan

## **Poděkování**

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

Dále děkuji odborným pracovníkům společnosti Zetor Tractors, a.s. a společnosti SECO TOOLS CZ, s.r.o. za cenné informace a rady, které mi byly poskytnuty pro vypracování této diplomové práce.

V závěru děkuji svým rodičům a prarodičům za vytrvalou podporu a důvěru během mých studií.

**OBSAH**

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod.....	8
1 ÚVODNÍ ROZBOR SOUČÁSTI.....	9
1.1 Funkčnost součásti.....	10
1.2 Polotovar součásti.....	12
1.2.1 Obrobitelnost tvárné litiny EN – GJS – 400 – 15.....	14
1.3 Technologičnost konstrukce obráběné součásti.....	17
1.3.1 Specifikace technologických základen.....	19
1.3.2 Specifikace základních technologických prvků součásti.....	22
2 POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU TECHNOLOGIE.....	26
2.1 Strojový park.....	26
2.1.1 Starragheckert HEC 800 Athletic.....	26
2.1.2 Makino A81.....	30
2.1.3 Odůvodnění volby obráběcího stroje.....	32
2.2 Portfolio aktuálně používaných řezných nástrojů.....	32
3 NÁVRH NOVÉ VARIANTY NA REÁLNÉ PODMÍNKY.....	37
3.1 Určení nejvhodnějších řezných materiálů.....	38
3.2 Návrh varianty se zaměřením na racionalizaci řezných nástrojů.....	40
3.2.1 Rozbor jednotlivých obráběných prvků a použitých nástrojů.....	40
3.2.2 Porovnání stávajícího stavu se stavem navrhovaným.....	47
3.3 Návrh progresivních řezných nástrojů.....	50
3.3.1 Porovnání stávajícího stavu se stavem navrhovaným.....	62
3.4 Výběr nejvhodnější varianty, případně kombinace variant.....	64
3.5 Vylepšení NC programu z hlediska posloupnosti a zkrácení pojezdů nástroje.....	65
3.5.1 Zkrácení pojezdu nástroje.....	65
3.5.2 Posloupnost NC programu navrhované varianty.....	67
4 TECHNOLOGICKÁ DOKUMENTACE.....	68
4.1 Výrobní postup.....	68
4.2 Návodky.....	70
4.3 NC program.....	70
5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	74
5.1 Střediskové náklady.....	74
5.2 Porovnání strojních časů.....	75
5.3 Náklady na progresivní nástroje.....	76
5.4 Náklady na strojní práci.....	79
5.5 Doba návratnosti investice do progresivního nářadí.....	80
ZÁVĚR.....	83
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	84
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	86
SEZNAM PŘÍLOH.....	89

## ÚVOD

Strojírenství v České republice je nepopíratelně velmi silným a kvalitním odvětvím průmyslu s dlouholetou a velmi bohatou historií. Ve 30. letech minulého století se tehdejší Československo mohlo chlubit pozicí mezi deseti nejvýznamnějšími strojírenskými velmocemi světa a tuto pozici si udržela dalších padesát let. Po nekrátkých útrapách v minulých dvou dekádách Česká republika v oblasti strojírenství opět zažívá vzestup, technologickou revoluci. Tuzemské firmy v posledních letech zvyšují své zisky, což jim umožňuje investovat do nových technologií – inovovat. Chce – li v dnešních dnech firma prosperovat, musí bezpochyby držet krok s konkurencí a nejlépe ji předčít. Tuto konkurenceschopnost lze zajistit právě inovováním technologií jak hmotných, tak i nehmotných.

Ve stejné pozici se dnes nalézá i firma Zetor Tractors a.s., která neodmyslitelně patří k historickému bohatství českého strojírenství. Její minulost sahá od dob druhé světové války až do dnešních dnů. Stroje z produkce této společnosti brázdí pole po celém světě a svojí kvalitou a spolehlivostí uspokojují zákazníky již více, než 65 let.

Avšak i firma Zetor Tractors a.s. si musí udržet svoji konkurenceschopnost vůči ostatním světovým výrobcům zemědělské techniky a je nucena inovovat vlastní technologickou základnu. Rozhodla se proto pro odstavení staré, svojí produktivitou a efektivností již nevyhovující, linky CNC obráběcích strojů značky Debako, čítající několik desítek kusů. Stroje budou zlikvidovány ekologickou cestou specializovanou firmou a tímto krokem se uvolní prostory pro potenciálně nová progresivní výrobní zařízení.

Jedním z těchto nově zakoupených zařízení je čtyřosé obráběcí centrum značky StarragHeckert. Vedení firmy se rozhodlo využít jeho kapacit při obrábění součástí „víko hydrauliky“, obr. 1, a „konzoly přední nápravy“. Obě tyto součásti nechávala firma Zetor Tractors a.s. obrábět externím výrobcem a nyní je opět stahuje zpět do svých výrobních hal. Externí výrobce však odmítl zveřejnit jakékoli informace týkající se obrobění součásti, které by mohly být využity pro vytvoření nové dokumentace technické přípravy výroby (TPV).

Úkolem této diplomové práce je tedy návrh a řešení progresivní technologie výroby součásti „víko hydrauliky“ pro konkrétní podmínky, které firma Zetor Tractors a.s. umožňuje a zpracování dokumentace na úrovni firemní TPV. Nově navržená technologie bude následně ekonomicky zhodnocena.



Obr. 1 Součást „víko hydrauliky“

## 1 ÚVODNÍ ROZBOR SOUČÁSTI

Pro začátek je vhodné blíže zmínit několik zásadních důvodů, proč součást „víko hydrauliky“, která je řešena v této diplomové práci, je po několika letech výroby u externího výrobce stahována zpět do výroby firmy Zetor Tractors a.s.

Důvodem je neuskutečněná výroba, která byla plánována na obráběcím centru StarragHeckert HEC 800. Aby byly v maximální možné míře využity kapacity tohoto stroje, vedení společnosti rozhodlo o přesunutí výroby součástí, které byly obráběny externím výrobcem, na zmíněné obráběcí centrum. Technicko-ekonomické oddělení vyhodnotilo tyto kroky jako opodstatněné a ekonomicky výhodné, jelikož dojde k udržení pracovních sil a zároveň k eliminaci přidané hodnoty, kterou si účtoval externí výrobce za obrobění jedné součásti – cena za 1 ks 1726,- Kč. Na stroj ovšem není stahována pouze tato jediná součást, nýbrž součástí více. Náklady firmy Zetor Tractors a.s. snížené o tyto přidané hodnoty zaručují brzkou návratnost investice do tohoto projektu. Externí firma odmítla zveřejnit jakékoli informace týkající se výroby součástí, které by byly použity jako podklad pro zpracování nového dokumentu TPV v domovské firmě.

Jistě bychom ve stručnosti mohli uvést i historii firmy Zetor Tractors a.s. „Název Zetor vznikl prostým spojením názvu "Zet", používaného továrnou Zbrojovka Brno, kde byl v roce 1945 první traktor Z 25 zkonstruován a z posledních dvou písmen slova traktor - "or".



Obr. 1.1 Produkt firmy Zetor s 60ti-letým odstupem [1]

„Po úspěšném zahájení sériové výroby traktorů Z 25 v roce 1946 byla jejich výroba v roce 1952 převedena ze Zbrojovky Brno do výrobních hal tehdejšího národního podniku "Závody přesného strojírenství Brno-Líšeň", kde jsou traktory Zetor i přes postupné změny názvu společnosti na současný Zetor, a.s. vyráběny v modernizované podobě do dnešních dnů“ [1]. V dnešní době se Zetor Tractors a.s. může pochlubit nejmodernějšími stroji (traktory), které se svojí kvalitou snadno vyrovnají jiným světovým výrobcům, pod obchodním označením Proxima či Forterra.

## 1.1 Funkčnost součásti

Součást „víko hydrauliky“, dále jen víko, se nachází v zadní části traktoru, tzn. v místě pod kabinou a je v úvodní části montáže zkompletováno s rameny hydrauliky, jejichž součástí je hydraulický válec. Při této kompletaci je třeba vsadit ramena do kluzných ložisek, která jsou uložena ve funkčních plochách víka, viz obr. 1.2, obr. 1.3.



a)



b)



c)



d)

Obr. 1.2 Pohledy na součást víko

- a) funkční válcové plochy, b) plocha dosedající na rozvodovou skříň,  
c) pohled shora, d) otvor pro napouštění maziva do skříně



Obr. 1.3 Uložení ramen v součásti „víko“

Tato ramena slouží k ukotvení, nesení a zvedání rozličného příslušenství traktoru jako například pluhů, mulčovacích a žacích strojů apod. Takto zkompletované víko společně s rameny hydrauliky je přepraveno na zkušební zařízení, kde je ověřena funkčnost a únosnost při zvedání břemen. Po ověření funkčnosti je toto víko s rameny usazeno a namontováno na rozvodovou skříň, která navazuje na skříň převodovou a tato navazuje na motor traktoru, viz obr. 1.4 a obr. 1.5.



Obr. 1.4 Sestava rozvodová skříň, převodová skříň

Sestava rozvodová skříň, převodová skříň, motor je následně uložena na rám traktoru a postupným průchodem pracovišti montáže je dokončena finální kompletace traktoru. Toto víko je součástí traktorů pod obchodním označením Proxima a to konkrétně typy Zetor Proxima, Zetor Proxima Plus, Zetor Proxima Power a konečně Zetor Proxima Cabrio, viz obr. 1.6.



Obr. 1.5 Ramena pro zvedání břemen



Obr. 1.6 Řešené víko hydrauliky se vyskytuje u následujících typů traktoru [1]  
Zleva: Zetor Proxima, Zetor Proxima Plus, Zetor Proxima Power,  
Zetor Proxima Cabrio

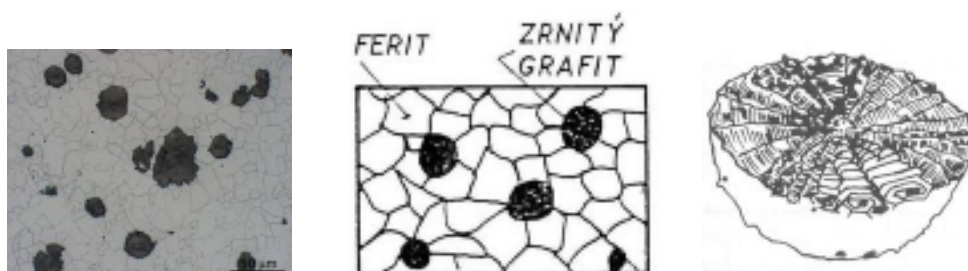
Pozn.: Výkres sestavy zvedacího mechanismu je možné nalézt v příloze č. 3.

## 1.2 Polotovary součásti

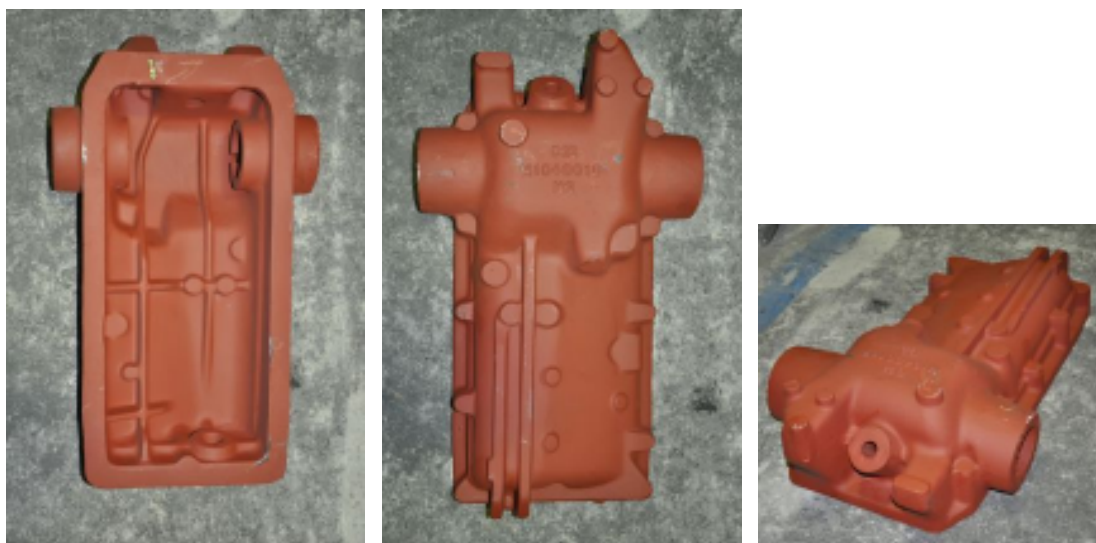
Polotovarem součásti je odlitek z materiálu 42 2304 - litina s kuličkovým grafitem LKG (nebo také tvárná litina feritická) dle normy ČSN. Toto značení je dnes již neplatné a používá se norma evropská EN, kde označení této litiny je EN-GJS-400-15. Matrice litiny je tedy struktury feritické s částicemi grafitu ve formě kuliček, který napomáhá mazání nástroje. Je určena pro všeobecné použití, vyšší tlaky, namáhání a teploty. „Litina je vhodná pro odlitky s tloušťkou stěny 5 až 100 mm i víc. Např. na součástky cestovních vozidel a polnohospodářských strojů, převodové a ložiskové skříně, na tělesa armatur a jiné dynamicky namáhané odlitky“. [3] Na obr. 1.7 je možno názorně vidět strukturu této litiny. Některé zajímavé informace o tomto materiálu, jako například chemické složení, mechanické vlastnosti apod., které mají společně s mnoha jinými faktory vliv na jeho obrobiteľnosť, lze vyčíst z tabulky 1.1 a 1.2.

Neobrobený odlitek můžeme vidět na obrázku 1.8. Tyto odlitky dodává slovenská společnost ZLH Plus a.s. (Hronec), jejíž hlavní předmět činnosti je výroba skříňových dílů a rotačních dílů litím.

Pozn.: Výkres polotovaru s vyznačenými přídávky na obrábění a doplňujícími technickými informacemi (tř. odpadu, přejímací podmínky apod.) viz příloha č. 2.



Obr. 1.7 Litina s kuličkovým grafitem s matricí feritickou [3]  
- strukturní model grafitu (vpravo)



Obr. 1.8 Polotovary součásti „víko hydrauliky“

Tab. 1.1 Mechanické vlastnosti vybraných nelegovaných LKG (GJS) [4]

Označení materiálu	Pevnost Rm [MPa]	Mez pevnosti Rp0,2 [MPa]	Tažnost A [%]	Tvrdość HB	Struktura	Pozn.
EN-GJS-350-22	350	220	22	<160	F	1)
EN-GJS-400-18 (15)	400	250	18 (15)	130 - 175	F	2)
EN-GJS-450-10	450	310	10	160 - 210	F	
EN-GJS-500-7	500	320	7	170 - 230	F + P	
EN-GJS-600-3	600	370	3	190 - 270	P + F	
EN-GJS-700-2	700	420	2	225 - 305	P	
EN-GJS-800-2	800	480	2	245 - 335	P, S	
EN-GJS-900-2	900	600	2	270 - 360	B, S	3)

1) Dále varianty se zaručenými vlastnostmi za nízkých teplot

2) Varianty s tažností 15 až 18% a dále varianty se zaručenými vlastnostmi za nízkých teplot

3) Lze dosáhnout pouze tepelným zpracováním a/nebo legováním [4]

Tab. 1.2 Chemické složení litin s kuličkovým grafitem [3]

Struktura	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Mg
Ferit v litém stavu nebo po feritizačním žhání	< 4,00	< 2,50	< 0,20	<0,05	<0,01	0,03 až 0,06

**Výhody materiálu EN – GJS – 400 – 15:****➤ Hustota**

Materiál LKG obsahuje v základní kovové hmotě 10 až 13 objemových % kulových zrn grafitu a z tohoto důvodu klesá jeho hustota oproti oceli až o 10%. Použijeme-li tedy při konstrukci součást nikoli ocelovou, ale součást z litiny LKG, dosáhneme tak snížení její hmotnosti až o 10%.

**➤ Schopnost útlumu**

Je-li součást z materiálu LKG vystavena vibracím, dle [7] utlumí tyto vibrace za poloviční dobu oproti ocelové součásti srovnatelné pevnosti, což vede ke snížení hlučnosti a přispívá k přesnější funkci zařízení. Je schopna absorbovat až 3x více energie, než ocelová součást.

**➤ Mazací (kluzné) vlastnosti**

„Na obrobeném povrchu odlitku z litiny s kuličkovým grafitem jsou četná rozříznutá zrna grafitu, který slouží při kluzném tření s protilehlou funkční plochou jako mazadlo. Po vydrolení grafitu slouží vzniklé jamky jako zásobníky mazadla olejem. LKG má z tohoto důvodu výrazně lepší kluzné vlastnosti nežli ocel, zejména při nouzovém chodu bez mazání“.  
[7]

**➤ Slévatelnost**

Je základní předností tvárné LKG litiny v porovnání s oceli. Tavicí teplota LKG, která je cca o 350 °C nižší než u oceli, zajišťuje nezanedbatelné úspory energie v procesu tavení. Výhodou LKG je též menší náchylnost k tvorbě trhlin a její dobrá zatékavost.

**1.2.1 Obrobitelnost tvárné litiny EN – GJS – 400 – 15**

Obrobitelnost je jednou ze základních vlastností materiálu z hlediska technologie obrábění. „V obecném smyslu ji lze definovat jako míru schopnosti daného konkrétního materiálu být zpracován některou z metod obrábění. Je hlavním činitelem, který ovlivňuje volbu rezných podmínek pro funkci nástroje při všech metodách obrábění“. [5] Dobrá obrobitelnost materiálu zkracuje technologický cyklus a zvyšuje produktivitu při obrábění. Konstrukční technické materiály jsou děleny do devíti základních skupin, které jsou označovány malými písmeny, a to:

a – litiny

b – oceli

c – těžké neželezné kovy

d – lehké neželezné kovy

e – plastické hmoty

f – přírodní nerostné hmoty

g – vrstvené hmoty

h – pryže

i – tvrzené litiny

„V širším smyslu je obrobitelnost funkční veličinou vztahu nástroj / obrobek“ [12], což lze vyjádřit jako:

$$\text{Obrobitelnost} = f(\text{trvanlivost břítu, utváření třísky, stav povrchové vrstvy, výkon obrábění, rezná síla/příkon sklon k vytváření nárustku})$$

Pro účely této práce nás bude zajímat první skupina z výše vyčtených. V každé skupině je určen materiál, který slouží jako etalon obrobitelnosti a ostatní materiály jsou posuzovány vzhledem k němu. Tzn., že vzhledem k tomuto etalonovému materiálu bude obrobitelnost ostatních materiálů ve skupině buď horší, nebo lepší, což určuje součinitel obrobitelnosti  $K_v$ , kterým je číslo větší nebo menší než 1. Tento součinitel zařazuje materiály do tříd, kterými jsou čísla v rozsahu 1 až 20 a stojí před písmenným označením skupiny (např. 10a, 14b, 3c etc.). Vyšší třída znamená lepší obrobitelnost, než je obrobitelnost etalonového materiálu, nižší třída naopak horší obrobitelnost.

**Etalonové materiály dle [13]:**

- a – ČSN 42 24240
- b – ČSN 12 051.1
- c – ČSN 42 3213.21
- d – ČSN 42 4380.11

Podle dispozic a průzkumu VÚOSO Praha je obrobitelnost materiálu EN-GJS-400-15 (42 2304) pro operace obrábění a frézování pod označením 11a, což znamená, že součinitel obrobitelnosti materiálu se pohybuje v rozmezí 1,13 až 1,41 a obrobitelnost materiálu je tudíž relativně dobrá. Stejně tak je tento materiál zařazen dle [13] do třídy 11a pro veškeré druhy obrábění mimo broušení, kde je tř. obrobitelnosti 9a .

Povrch odlitku se často obrábí obtížněji kvůli nečistotám, které jsou obsaženy v licí kůře (struska, písek atd.). Nevýhodou při obrábění LKG s feritickou strukturou je tvorba adhezního opotřebení nástroje vlivem tvorby nárůstku na břitu, který vzniká obráběním při nižších teplotách a řezných rychlostech. Toto lze eliminovat zvýšením řezné rychlosti a tím i teploty.

„Při stejných parametrech obrábění je spotřeba nástrojů při obrábění litiny s kuličkovým grafitem v porovnání s obráběním ocelí výrazně nižší (až o dvě třetiny). Dobrá obrobitelnost je přisuzována přítomnosti grafitu, který maže břit nástroje a intenzivnějšímu deformačnímu zpevnování materiálu při tvorbě třísky a usnadnění následného lomového procesu. Náhradou za součásti ocelové se dosáhne zlepšení obrobitelnosti a výrazných úspor na energii, mzdách, náradích, strojích aj. Úspory těchto výrobních nákladů při konverzi ocel – LKG se uvádějí 30 – 50%“. [7]

Výňatek z tabulky rozdělení litin předního světového výrobce řezných nástrojů firmy Sandvik Coromant s uvedením měrné řezné síly  $k_{c1}$  a korekčního součinitele střední tloušťky třísky  $m_c$  lze vidět v tab. 1.4. Řešený materiál při obrábění tvoří krátkou třísku, což zaručuje dobrý odchod třísek ze zubové mezery a potřebný výkon stroje pro obrobení tohoto materiálu je relativně nízký viz obr. 1.9.

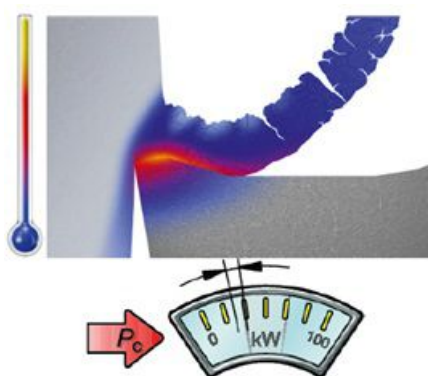
Typickým opotřebením řezného nástroje při obrábění litiny s vysokým podílem feritické fáze v matici je opotřebení adhezní, a tímto je tvorba nárůstku na čele nástroje (obr. 1.10), což je možné eliminovat zvýšením řezné rychlosti. Tento jev (nárůstek) může zapříčinit odlupování vrstvy povlaku na nástroji, což je nežádoucí.

Z výše uvedených informací lze vyčíst a konstatovat, že řešený materiál součásti je z technologického hlediska relativně vhodnou a dobrou variantou.

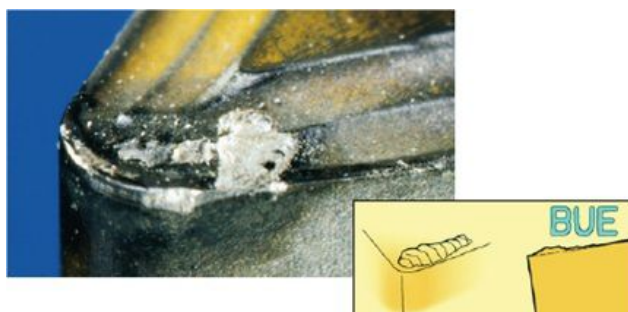
Tab. 1.4 Tvrdost a měrné řezné síly jednotlivých LKG [15]

Materiálová skupina	Materiálová podskupina	Výrobní proces	Tepelná úprava	Tvrdost HB	Měrná řezná síla $k_{c1}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Korekční faktor $m_c$ [-]
tvárná litina (LKG)	feritická	lití	bez tepelných úprav	155	870	0,28
	feriticko/perlitická			215	1200	
	perlitická			265	1440	
	martenzitická			330	1650	
	austenitická			190		

Pozn.: Měrná řezná síla  $k_{c1}$  odpovídá měrné řezné síle potřebné k odebrání třísky o střední tloušťce  $h_m = 1$  mm.



Obr. 1.9 Krátká tříška a relativně nízký potřebný výkon stroje  $P_c$  [15]



Obr. 1.10 Adhezní opotřebení čela VBD – nárůstek [15]  
- BUE = built-up edge

### 1.3 Technologičnost konstrukce obráběné součásti

„Technologičnost konstrukce je dána souhrnem vlastností technicko-ekonomického charakteru, které mají zajistit optimální podmínky nejen z hlediska funkce, spolehlivosti, životnosti výrobku a jeho jednotlivých součástí, ale musí také v plné míře respektovat hledisko efektivnosti výroby“. [6] Uvažujeme tedy hledisko hospodárnosti výroby, vyrobiteľnosti součásti a dále uvažujeme co nejproduktivnější metodu výroby, aby součást dosáhla předepsaného tvaru, jakosti a ceny. Technologičnost závisí na podmínkách konkrétního výrobního procesu a sériovosti výroby a je proto relativní.

Technologie výroby součástí obráběním má vzhledem k relativně pomalému rozvoji technologií tváření, slévání či práškové metalurgie stále poměrně vysoké procento zastoupení a to 25 – 30%. Použitá technologie obrábění se odvíjí od požadované tvarové a rozměrové přesnosti. „Současné technologie obrábění na nových obráběcích strojích s velkou produktivitou při použití speciálních přípravků, nástrojů a přídavných mechanismů vyžadují od konstrukce polotovaru určité konkrétní požadavky, kterými jsou snížení rozsahu obrábění řezáním, volba materiálů s dobrou obrobitelností, snížení pružných deformací polotovaru, omezení počtu seřizování stroje, dosažení vysoké tvarové a rozměrové přesnosti“. [8]

Jelikož v této práci bude uvažován polotovar součástí již daný, odebíraný od společnosti ZLH Plus a.s., a nebude možnost výběru polotovaru z více variant, bude posouzena technologičnost konstrukce tohoto jednoho odlitku (polotovaru).

Dle [6] lze technologičnost konstrukce součástí obráběné na NC strojích posuzovat následovně:

#### a) *druh materiálu a polotovar výrobku*

- tvar a rozměry polotovaru se maximálně blíží tvarům a rozměrům obrobené součásti
- optimální velikost přídavků na obrábění
- veškeré „nefunkční plochy“ jsou na polotovaru provedeny tak, aby se nemusely obrábět
- obrobitelnost součástí je dobrá, což bylo podrobněji uvedeno v textu výše
- technologické základny jsou zajištěny nálitky

#### b) *rozměrové charakteristiky součásti*

- poměrně vysoká tvarová složitost, vyšší ekonomický účinek při obrábění na NC strojích

#### c) *stupeň unifikace prvků*

- stupeň unifikace prvků by měl být vyšší pro maximální snížení počtu použitých nástrojů

d) *orientace polohy obrobku a jeho upnutí na stroji*

- přesná, správná a požadovaná poloha obrobku ve stroji vzhledem k jeho souřadným osám bude zajištěna díky technologickým základnám, které budou na polotovaru vytvořeny a díky upínacím prvkům a přípravkům z portfolia firmy

Dále je při hodnocení technologičnosti konstrukce součástí vyráběných na NC strojích nutné vycházet z následujících úvah, jak je psáno v [6]:

a) *specifikace technologických prvků, které mají být v dané operaci na NC stroji provedeny* – (jednotlivé elementy na součásti, které mají určitou funkci v montážním celku)

„Při hodnocení posuzujeme proveditelnost technologických prvků na daném stroji, geometrický popis prvků, přesnost a velikost prvků“. [6]  
S tímto bude souviset též volba a posouzení technologických základen, což bude uvedeno v následující kapitole.

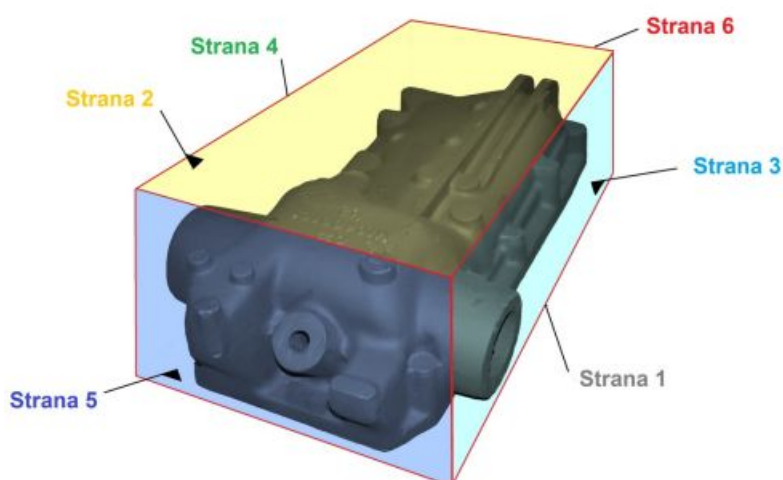
b) *technologické charakteristiky NC strojů*

- tento problém bude podrobněji probrán v textu níže, a to v kapitole 2.1 Strojový park firmy

V jednoduchosti a stručnosti lze tedy říci, že je třeba posoudit technologičnost polotovaru jako celku (upínání do stroje, obrobitelnost, technolog. základny apod.), ale také jeho jednotlivých technologických prvků, abychom určili jejich vyrobitelnost, přesnost či funkci v montážním celku.

Pro lepší přehlednost při hodnocení technologických základen, technologických prvků a technologických operací budou součásti přiřazeny strany, na něž bude v dalším postupu práce poukazováno (obr. 1.11).

Pozn.: Výkres součásti viz příloha č. 1.



Obr. 1.11 Strany polotovaru

### 1.3.1 Specifikace technologických základen

Základny lze rozdělit do několika skupin podle jejich funkce. Základny mohou být *konstrukční* (určují vzájemnou polohu konstrukčně technologických prvků nebo skupin součástí), *montážní* (pro vzájemnou polohu prvků v montážním celku), *kontrolní* (pro kontrolu geom., tvarových či polohových přesností ploch) a konečně *základny technologické*, které jsou zásadní pro řešení problému obrábění řešené součásti. „Technologická základna je reálná, přístupná, dostatečně tuhá, velká plocha, dostatečně určující polohu obrobku, ke které se vztahují operační rozměry a od které vycházíme při ustavování obrobku v dané operaci“. [6]

Aby bylo možné obrábění tělesa, je třeba vymežit volnosti jeho možného pohybu (tuhost) tak, že odebereme všech šest stupňů volnosti v souřadných osách X, Y, Z. Jak je psáno v [6], vhodnou volbou technologické základny zabezpečíme *přesnost výroby součástí* (rozměrové, tvarové přesnosti, drsnost ploch) a *hospodárnost výroby součástí* (eliminace či minimalizace vedlejších časů pro upínání a ustavování obrobku a snižování zmetkovitosti).

#### Dělení technologických základen (TZ) dle [6]:

- **TZ hrubá (výchozí)** – je neobrobená plocha, nejlépe čistá a rovná, použitá při prvním upnutí odlitku, která se nesmí použít při přepnutí do další operace.

Uvážíme-li fakt, že „**součást nebude obrobena po celém povrchu**, v tom případě se volí za základnu plocha, která nejvíce ovlivňuje, popřípadě předem určuje ostatní rozměry a jejich vzájemný vztah“. [6]

- **TZ hlavní** – „je plocha, která je současně základnou *konstrukční* a určuje polohu součásti a její funkční vztah k jiným součástem ve skupině“. [6]
- **TZ ustavovací** – je plocha (plochy) zaručující požadovanou polohu obrobku vzhledem k nástroji.
- **TZ opěrná** – slouží jako opěra obrobku při obrábění (obvykle je shodná s TZ ustavovací).

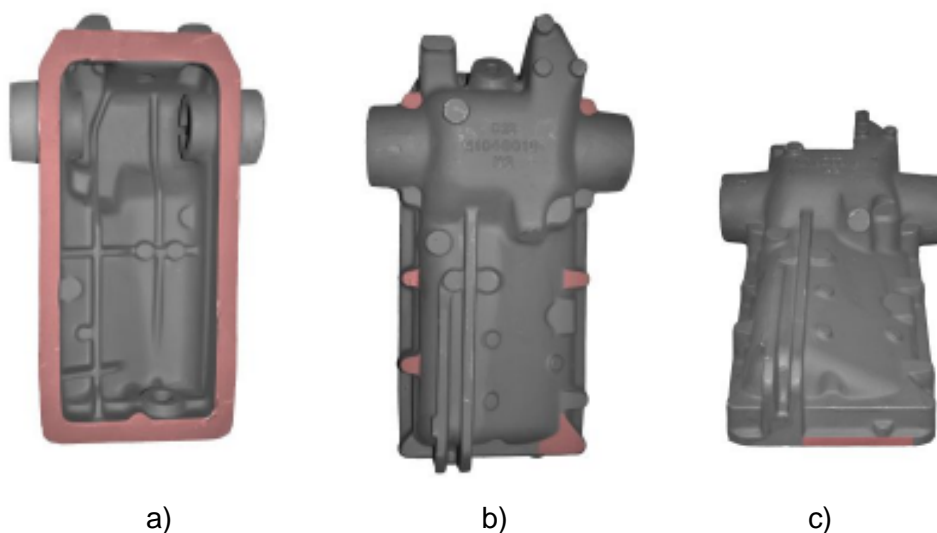
Pozn.: Problematika prvků pro upnutí součásti do stroje bude řešena v textu níže.

### ***Upínací prvky pro upnutí součásti do stroje***

Problematika navrhování nevhodnější volby prvků pro upnutí součásti dané tvarové složitosti, stejně tak, jako návrh konstrukce přípravků pro její upnutí, je velmi obsáhlá a nebude v této práci řešena. Pracovníci oddělení Technické přípravy výroby firmy Zetor Tractors a.s. se tímto problémem již podrobně zabývali, přičemž finální výsledek návrhu a volby upínacích ploch a přípravků umožní obrobení součásti v pouhých dvou operacích. V této podkapitole budou pouze konstatovány výsledky pracovníků firmy Zetor v této oblasti a popsány upínací plochy – technologické základny – pro jednotlivé operace. Označené plochy lze vidět na obr. 1.12, obr. 1.13.

Pro první operaci obrábění součásti byly zvoleny plochy pro upnutí takové, které jsou vyznačeny na obrázku níže. Ustavení obrobku v první operaci s využitím uvedených ploch umožní obrobení válcových ploch, které jsou na obr. 1.16 označeny jako **Prvek 1 a Prvek 2** – technologická základna hlavní v následující operaci. Dále lze při tomto ustavení obrobit plochu na žebro (obr. 1.13), která bude v další operaci použita jako ustavovací technologická základna. Upínací prvky odpovídají plochám na **Stranách 1, 2, 3, 5, 6**. Finální podobu ustavení obrobku do stroje v jednotlivých operacích můžeme vidět na obr. 1.14 a obr. 1.15.

#### **Operace 1:**

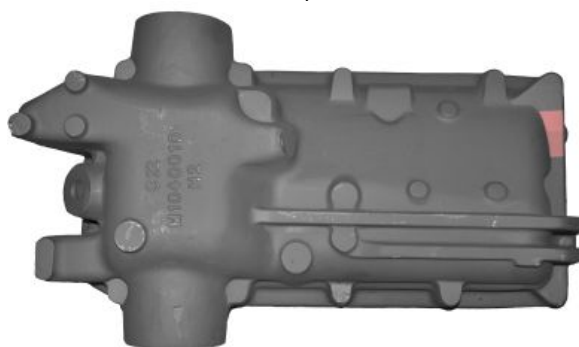


Obr. 1.12 Upínací prvky (plochy) pro operaci 1

- a) Technologická základna hrubá
- b) Technologické základny ustavovací
- c) Technologická základna opěrná

**Operace 2:**

a)



b)

Obr. 1.13 Upínací prvky (plochy) pro operaci 2  
a) Technologické základny hlavní a ustavovací  
b) Technologická základna opěrná



Obr. 1.14 Upnutí ve stroji pro operaci 1



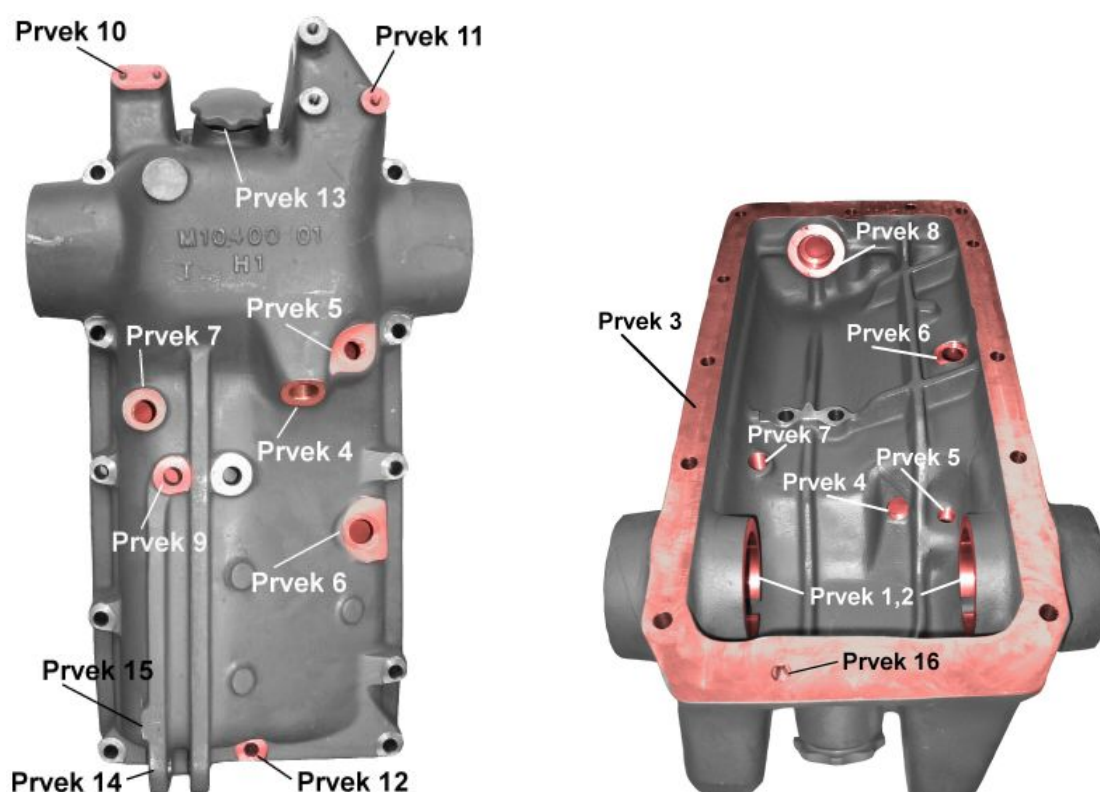
Obr. 1.15 Upnutí ve stroji pro operaci 2

Lze konstatovat, že zvolený způsob upnutí součástí ve stroji je dobrý. Obrobení součástí proběhne ve dvou operacích, což je minimální počet, kterého je možné dosáhnout. Výrazně je tak snížena pracnost a časy potřebné k přeupnutí obrobku pracovníkem. Není proto třeba zasahovat do této problematiky.

Výraznou nevýhodou způsobu upnutí součástí v operaci 2 je poměrně nízká tuhost tohoto upnutí, což bude mít pravděpodobně za následek vznik vibrací a možné nedodržení předepsaných parametrů.

### 1.3.2 Specifikace základních technologických prvků součásti

Při specifikaci jednotlivých základních elementů součásti bude vycházeno z výkresu součásti a výkresu sestavení, které jsou přílohami této diplomové práce (příloha 1, příloha 2). Posouzení prvků bude spočívat v popisu jejich funkce v montážním celku a jejich posouzení ve vztahu k protisoučástí. Veškeré prvky po reálném obrobení lze velmi dobře vidět na obr. 1.2 či obr. 1.16. Hlubší pozornost bude věnována prvkům, které mají z hlediska funkce největší význam. Pro lepší přehlednost budou níže rozebírané prvky barevně a číselně vyznačeny na obr. 1.16.



Obr. 1.16 Označení základních obráběných prvků

Tab. 1.4 Prvky součásti – specifikace

Prvek	Rozměry	Počet	Poloha na výkrese	Vztah k protisoučásti
1	<b>Díry pro ložiska</b> D = 85 <sup>+0,130</sup> <sub>+0,170</sub> L = 85,5 Ra = 2,5 Souosost k základně A: Ø 0,05 Sražení hrany: 0,7 x 45° Čelo díry: D = 104	2	řez C-C	Prvek slouží k uložení zakružovaných kluzných ložisek (pouzder) o vnějším průměru 85 mm, do nichž bude následně uložena hřídel, na kterou budou dále navazovat ramena pro zvedání břemen. Kluzná pouzdra budou uložena v celé délce válcové plochy. Zvolená tolerance průměru odpovídá standardizovaným tolerancím průměrů pro uložení kluzných ložisek. Z hlediska bezproblémového uložení hřídele do kluzných ložisek je třeba dodržet tolerance polohy os, tedy souosost Ø 0,05 mm vzhledem k základně A.
2	<b>Díry pro hřídelová těsnění</b> D = 100 H8 L = 17 <sup>+0,2</sup> Ra = 3,2 Souosost k základnám A, C: Ø 0,08 Sražení hrany: 2,5 x 20° Čelo díry: D = 118 Rádus R1	2	řez C-C	Válcová plocha sloužící k uložení podložky, která vymezuje posun kluzného pouzdra. Na tuto podložku dále navazuje hřídelový těsnící kroužek o vnějším průměru 100 mm. Toto usazení těsnění a podložky je proti axiálnímu pohybu vymezeno ramenem hydrauliky. Tolerance průměru Ø 100 H8 válcové plochy odpovídá standardizovaným tolerancím vnějších průměrů hřídelových těsnících kroužků. Pro dosažení snadné smontovatelnosti sestavy je třeba dodržet tolerance polohy, tedy souosost Ø 0,08 mm vzhledem k základnám A a C, což je možno vidět na výkrese.
3	<b>Rovinná plocha - základna</b> Vnější rozměr: 615 x 300 Šířka B1 = 30 Šířka B2 = 40 Ra = 6,3	1	hl. pohled řez A-A	Protisoučástí je „rozvodová skříň“ a podstatná je tedy její obrobená plocha, na kterou bude dosedat „víko hydrauliky“. Je třeba, aby prvky pro vzájemné spojení obou součástí šrouby a střeďovací kolíky byly vyrobeny s předepsanou tolerancí. Stejně tak je nutné vyrobít tuto plochu s dodržáním tolerancí přímosti a rovinnosti, což na výkrese není zaznamenáno, nicméně je jich zapotřebí z důvodu montáže. Mezi oběma plochami bude tmelové těsnění tak, aby nebyly dotčeny díry pro šrouby.
4	<b>Díra průchozí s metrickým závitem</b> Závít M24 x 1,5 - 6H L = 13 Čelo díry: D = 36 Ra = 6,3	1	řez B-B řez F-F	Díra se závitem v celé délce poslouží k našroubování čidla, které udává množství hydraulické kapaliny přiváděné do hydraulického válce a redukuje tak zdvih ramen hydrauliky. Je kladen požadavek na zajištění průchodnosti závitového tělesa do hloubky min. 40 mm a to z důvodu výrobcem stanovené délky závitu čidla. Vnitřní závit odpovídá normalizovanému značení metrického závitu M24 x 1,5 - 6H/6g s roztečí 1,5 mm a tolerancí 6H, čemuž odpovídá vnější závit čidla s tolerancí 6g. Těsnění tohoto prvku bude zajištěno těsněním tmelovým.
5	<b>Díra průchozí s metrickým závitem a zahloubením</b> Závít M18 x 1,5 - 6H L = průchozí Zahloubení D = 27,3 H13 L = 1 Ra = 3,2 Čelo díry: frézou D = 63 Ra = 12,5	1	hl. pohled řez D-D	Závitový prvek pro našroubování hydraulické T – spojky (hydraulické šroubení). K této hydraulické spojce jsou připojeny vysokotlaké hadice, které jsou propojeny s vnějším hydraulickým rozvaděčem a rychlospojkou (obr. 1.4). Tento prvek zajišťuje přívod oleje do vnějšího rozvaděče a odvod odpadního oleje z nulové rychlospojky. Mezi závitovým prvkem a tělesem je normalizovaný těsnící kroužek. Normalizovaný závit M18x1,5-6H.

6	<b>Díra průchozí se zahloubeními</b>	1	řez H-H	Prvek umožňující přívod tlakového oleje do hydraulického válce, který je uložen ve víku hydrauliky. Protisoučástí tohoto prvku je hydraulické šroubení. Je třeba zajistit průchodnost šroubení dodržáním průměru uvažované díry dle průměru šroubení, který udává výrobce. Množství přivedeného oleje určuje redukční čídl. Princip uložení tohoto prvku lze vidět na obr. 1.X.
	D = 22,5 H10 Ra = 12,5 Zahloubení D = 35 H13 Ra = 6,3; Ra = 12,5 Zahloubení D = 32 Ra = 6,3; Ra = 12,5			
7	<b>Díra průchozí s metrickým závitem a zahloubením</b>	1	řez A-A	Závitový prvek určený k odvodu odpadního oleje z vnějšího rozvaděče do prostoru rozvodové skříň. Protisoučástí tohoto prvku je hydraulické šroubení s normalizovaným metrickým závitem. Těsnost bude zajištěna těsnícím kroužkem. Vnitřní závit M22 x 1,5 – 5H.
	Závit M22 x 1,5 - 6H L = průchozí Zahloubení D = 28,5 H13 L = 0,5 Čelo díry: D = 35 Čelo díry: D = 32 Ra = 12,5; Ra = 3,2			
8	<b>Díra neprůchozí pro uložení hydraul. válce</b>	1	řez A-A pohled P	Funkce tohoto prvku spočívá v uložení a ukotvení hydraulického válce v součásti „víko“. Tolerance díry pro uložení koresponduje s tolerancemi výrobce. K úplnému omezení pohybu válce dojde jeho uchycením šrouby, jak můžeme vidět na výkrese sestavy viz příloha 2.
	D = 40 H10 L = 14 Ra = 6,3 Sražení hrany 2 x 45° Rádus R1 Čelo díry: D = 65			
9	<b>Díra průchozí pro šrouby ustavující hydr. válec</b>	2	řez A-A	Prvek zaručující přesné ustavení a uchycení hydraulického válce v součásti víka. Toto ustavení bude zprostředkováno pomocí šroubů se šestihranou hlavou ČSN EN 24014 a podložky. Při vrtání díry je třeba dodržet toleranci rozměru vzdálenosti 229,15±0,2 mm, aby bylo dosaženo přesného uložení válce.
	D = 16 L = průchozí Ra = 12,5 Čelo díry: D = 30 Ra = 12,5			
10	<b>Díra neprůchozí s vnitřním metrickým závitem</b>	2	hl. pohled řez B-B	Prvek zajišťující uchycení svařované konstrukce pomocí šroubů se šestihranou hlavou ČSN EN 24014 a podložky.
	Závit M8 - 5H L = 15 Čelo díry: Ra = 12,5			
11	<b>Díra neprůchozí s vnitřním metrickým závitem</b>	3	hl. pohled řez A-A	Prvek zajišťující uchycení svařované konstrukce pomocí šroubů se šestihranou hlavou ČSN EN 24014 a podložky.
	Závit M10 - 5H L = 15 Čelo díry: D = 24 Ra = 12,5			
12	<b>Díra průchozí</b>	11	hl. pohled řez B-B řez D-D	Skupina děr, která zajistí spojení součásti "víka" se součástí "rozvodová skříň" šrouby se šestihranou hlavou ČSN EN 24014 o jmenovitém průměru M12 a pomocí podložek.
	D = 13,5 L1 = 72 L2 = 52 Ra = 12,5 Čelo díry: D = 30 Ra = 12,5	4		
		7		

13	<b>Díra průchozí s metrickým závitem</b>	1	řez L-L	Díra se závitem pro doplňování provozní kapaliny do rozvodové skříně. Protisoučástí je plastové víko s odpovídajícím metrickým závitem.
	D = 38,4±0,1 L = průchozí Sražení hrany: kužel D = 52+1, vrch. úh. 120° Ra = 3,2 Závít M42 - 5H L = 25 Čelo díry: D = 56			
14	<b>Díra průchozí</b>	2	řez A-A	Prvek, který v operaci 2 poslouží k upnutí součásti, jak bylo uvedeno v kap. 1.3.1.1. Z hlediska sériovosti výroby je nutné tento prvek pro upnutí vyrobit s vyšší přesností H8
	D = 20 H8 L = 15 Ra = 12,5			
15	<b>Ploška pro operaci 2</b>	1	hl. pohled vlevo	Prvek, který v operaci 2 poslouží k upnutí součásti, jak bylo uvedeno v kap. 1.3.1.1.
	Rozměr: 26 x 19 Ra = 6,3			
16	<b>Díra neprůchozí</b>	2	řez E-E	Díra pro válcové centrační kolíky ČSN EN ISO 2338. Poslouží pro přesné ustavení vzájemné polohy víka a rozvodové skříně z hlediska montáže. Tímto ustavením budou vymezeny díry pro vzájemné sešroubování obou součástí. Je nutné dodržet tolerance vzdáleností mezi kolíky 580±0,04 a 120±0,03.
	D = 12 C8 L = 14 Ra = 2,5 Sražení hrany: 1 x 45°			

Pozn.: Vícenásobně se vyskytující prvky jsou na obr. 1.16 vyznačeny pouze jedním reprezentantem.

## 2 POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU TECHNOLOGIE

V následující kapitole se pokusíme co nejpodrobněji přiblížit čtenáři stávající stav technologií, kterými firma Zetor Tractors a.s. v současné době disponuje a které budeme uvažovat v této práci jako výchozí pro uskutečnění výrobního procesu pro součást „víko hydrauliky“. Cílem této kapitoly je určení nejvhodnější varianty obráběcího stroje pro výrobu řešené součásti a výčet nástrojů, které jsou aktuálně používány.

### 2.1 Strojový park

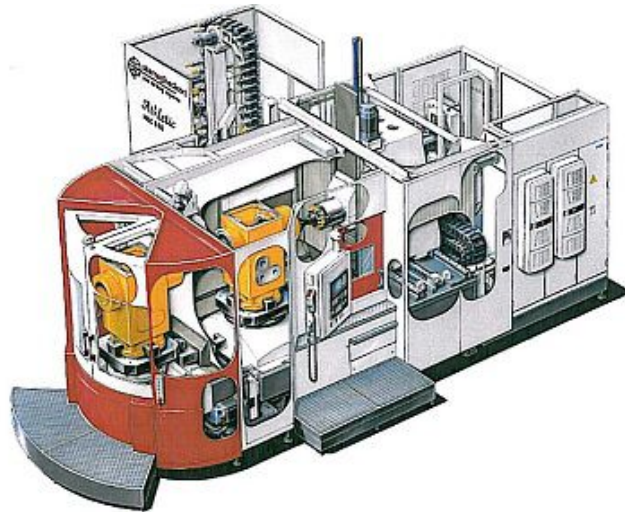
Součást bude obráběna v prostorách oddělení Mechaniky, kde jsou soustředěny veškeré obráběcí stroje firmy. Původní obráběcí linka složená z několika desítek, dnes již nevyhovujících, strojů značky Donobat + Soraluce byla postavena mimo provoz a postupně bude rozebírána a ekologicky likvidována specializovanou firmou. Uvolní se tak prostory pro potenciálně nové stroje, kterými firma omladí svůj strojový park.

Možnými alternativami pro obrábění součásti „víko“ po konzultaci s odbornými pracovníky firmy Zetor Tractors a.s. jsou v současné době stroje (obráběcí centra) firmy StarragHeckert HEC 800 Athletic (možnost zásoby až 240 nástrojů), StarragHeckert HEC 800 Athletic (možnost zásoby až 80 nástrojů) a stroj Makino A81. Součást by bylo možno obrobit i na NC frézce značky FCV 63 SC A z výroby TOS Kuřim a radiální vrtače MAS V050, které byly součástí staré obráběcí linky a kterou ve firmě stále nechávají v provozu za účelem občasného nenáročného obrábění, aby nebyla zbytečně zatěžována obráběcí centra. Ovšem tyto stroje již nesplňují požadavky efektivnosti a progresivnosti výroby, kterou firma požaduje.

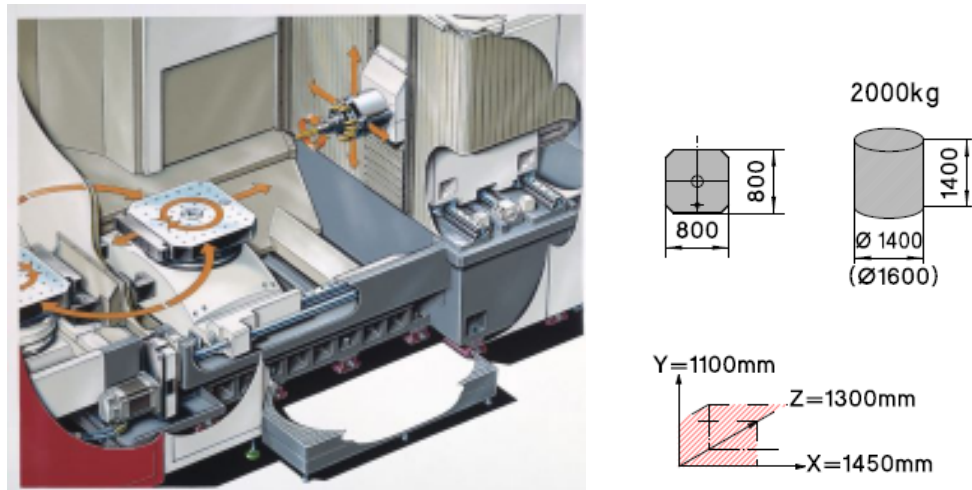
#### 2.1.1 Starragheckert HEC 800 Athletic

##### Varianta 1:

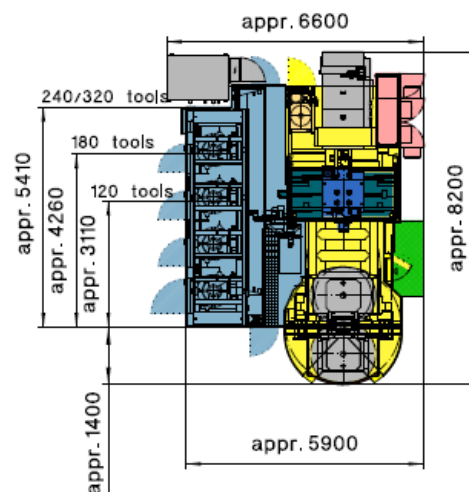
První možností je 4osé obráběcí centrum od výše uvedeného výrobce. Je koncipováno jako horizontální a lze na něm obrábět komplexně obrobky skříňovitých tvarů vrtáním a frézováním a to pro 4stranné obrábění při jednom upnutí. „S volitelným vybavením horizontálně/vertikálním suportem je možné provádět při jednom upnutí obrábění z 5 stran. Moderní technická koncepce stroje a řízení zaručuje efektivní použití tohoto obráběcího centra v kusové, malosériové a středněsériové výrobě s vysokou produktivitou a přesností. Všechny hlavní konstrukční celky jsou konstruovány termosymetricky s pomocí počítačové optimalizace a mají vysokou statickou a dynamickou stabilitu“. [2] Není vhodný pro suché obrábění. Paleta s rastrem otvorů podle DIN 55201. Řídicí systém stroje SINUMERIK 840D od firmy Siemens. Upínací mechanismus vřetene stroje odpovídá normě HSK-A 100 DIN 69893. Základní technické parametry stroje byly převzaty z technické dokumentace stroje dodané výrobcem, viz literatura [2]. Z důvodu přílišné obsáhlosti nebude tento dokument přílohou práce.



Obr. 2.1 Obráběcí centrum StarragHeckert HEC 800 Athletic [2]



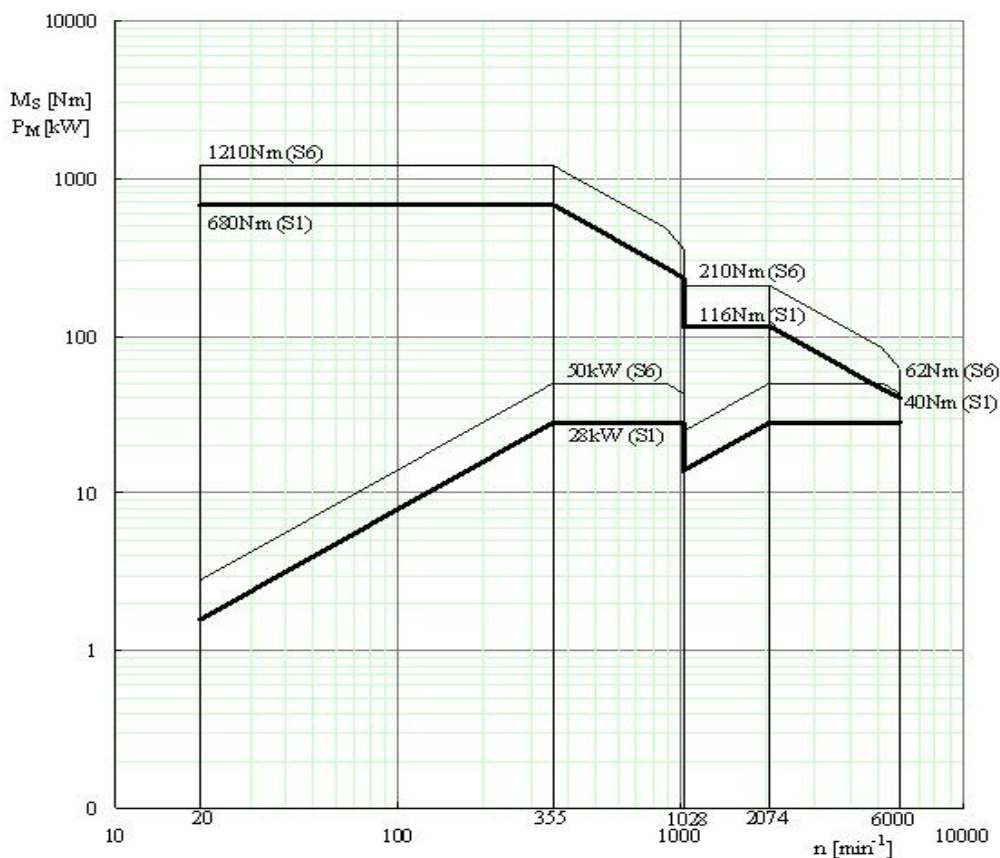
Obr. 2.2 Pracovní prostor stroje – osy [2]



Obr. 2.3 Rozměry stroje se zásobníkem pro 240 nástrojů [2]

Tab. 2.1 Základní technické parametry stroje [2]

Parametr	Rozměr	Jednotka
Upínací plocha (rozměry palety)	800 x 800	mm
Max. zatížení na paletu (centricky)	2000	kg
Počet měnitelných palet	2	/
Max. doba výměny palet	18	s
Plynule nastavitelný rozsah pracovního posuvu	1-60 000	mm/min
Rychloposuv	60 000	mm/min
Rozsah v ose X	1 450	mm
Rozsah v ose Y	1 100	mm
Rozsah v ose Z	1 300	mm
Otáčky pracovního vřetena	20 - 6 000	ot./min
Rychlá výměna nástrojů do 12 kg (od řezu k řezu)	5	s
Pomalá výměna nástrojů nad 12 kg (od řezu k řezu)	8,2	s
Počet nástrojů, které lze uložit	až 240	/
Max. délka vyložení nástroje	800	mm
Max. hmotnost nástroje	35	kg
Průměrná hmotnost nástroje při plném obsazení	10	kg
Rídicí systém stroje	Sinumerik 840D	



Obr. 2.4 Diagram Kroucí moment, Výkon – Otáčky [2]

**Legenda [2]:**

$M_s$ :	moment u vřetena
$P_M$ :	hnací výkon hlavního motoru
$n$ :	Otáčky
S1:	provoz při 100% doby zapnutí
S6:	provoz při 25% doby zapnutí
typ motoru:	Siemens 1PH7 137 2NG
typ měniče:	Siemens 611D / 200A
maximální otáčky převodový stupeň 1:	$1028\text{min}^{-1}$
maximální otáčky převodový stupeň 2:	$6000\text{min}^{-1}$
maximální otáčky při rigid tapping stupeň 1:	$800\text{min}^{-1}$
maximální otáčky při rigid tapping stupeň 2:	$3000\text{min}^{-1}$

**Přesnost výrobního zařízení**

Výrobce udávaná přesnost stroje vyžaduje dodržení předpisů VDI/DGQ 3441 dle [2]:

- teplota okolí + teplota přiváděného vzduchu pro dodržení jmenovité přesnosti musí být v rozsahu  $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$
- teplotní stálost okolního prostředí a stlačeného vzduchu
- zamezení oslunění a průvanu
- žádné jednostranné zahřívání
- instalace na místě bez otřesů
- Fundament musí být proveden podle dodaného plánu základů. Dimenzování musí na základě údajů uvedených v plánu základů, vlastností podkladu a okolních podmínek stanovit k tomu oprávněný statik. Provedení musí být zajištěno autorizovanou stavební firmou
- žádné lokální zahřívání součástí stroje a řízení

Přesnost polohování v osách X, Y, Z je dle výrobce při dodržení výše uvedených kritérií následující:

- |   |          |
|---|----------|
| ➤ nespolehlivost polohy $P(T_p)$        | 0,007 mm |
| ➤ odchylka polohy $P_a$                 | 0,006 mm |
| ➤ max. šířka rozptylu polohy $P_{smax}$ | 0,005 mm |
| ➤ max. chyba reverzibility $U_{max}$    | 0,004 mm |

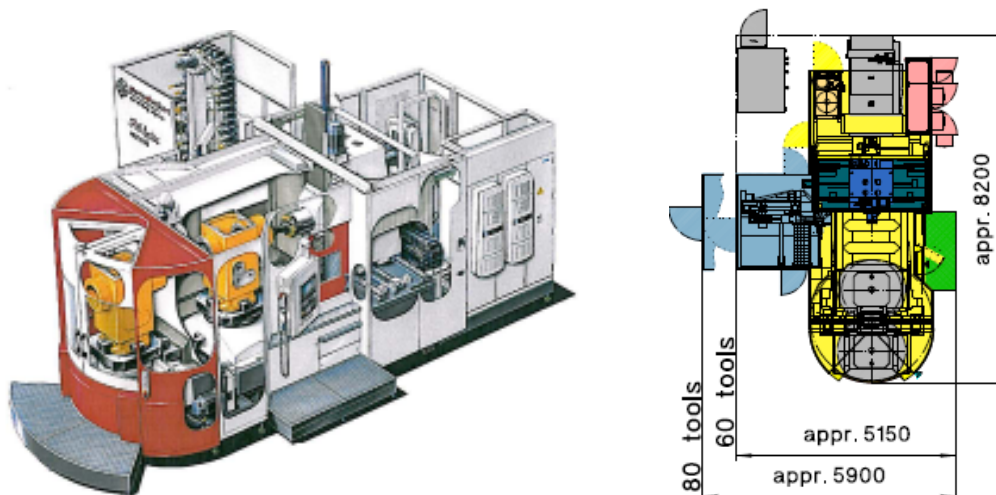
Přesnost polohy NC otočného stolu:

- |   |                  |
|---|------------------|
| ➤ max. nespolehlivost polohy $P(T_p)$   | $0^\circ 0' 9''$ |
| ➤ max. šířka rozptylu polohy $P_{smax}$ | $0^\circ 0' 6''$ |
| ➤ max. chyba reverzibility $U_{max}$    | $0^\circ 0' 4''$ |

**Varianta 2.:**

Jako druhá varianta pro volbu obráběcího stroje se jeví obráběcí centrum StarragHeckert HEC 800 Athletic. Tento stroj se liší od předchozího modelu pouze počtem možných pozic v zásobníku nástrojů, který je ve srovnání s první variantou stroje výrazně nižší (až 80 pozic), což ovlivní pouze vnější rozměry stroje, jak můžeme vidět na obrázku 2.5. Parametry stroje, velikost pracovního prostoru, přesnost výrobního zařízení apod. je nadále totožná s první uvažovanou variantou.

Stroj je vyhovující veškerými svými parametry i při uvážení nižšího počtu míst v zásobníku nástrojů, který by jistě bohatě postačil pro komplexní obrobení součásti, nicméně jsme nuceni jej vyřadit z našeho řešení, a to z důvodu jeho již plného nasazení při obrábění součásti „převodové skříně“ motoru.



Obr. 2.5 Obráběcí centrum StarragHeckert HEC 800 Athletic [2]  
- zásobník pro 80 nástrojů

**2.1.2 Makino A81****Varianta 3.:**

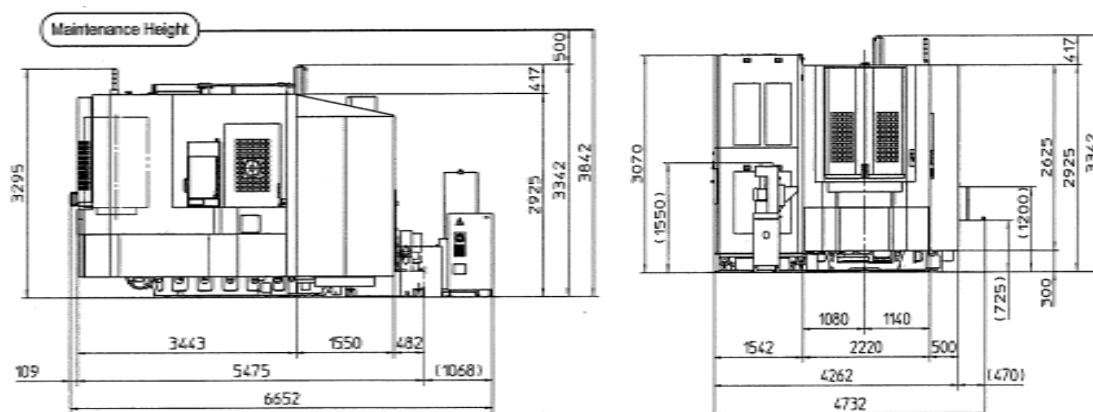
Dalším strojem, na kterém je možné ve firmě Zetor Tractors a.s. vyrobit součást „víko hydrauliky“ je 4osé obráběcí centrum firmy Makino, model A81. Je koncipováno jako horizontální obráběcí centrum pro velmi produktivní (HSC) obrábění součástí z litin nebo lehkých slitin. Výhodou stroje je krátká doba zrychlení na maximální otáčky vřetene (za 2,4 s), což výrazně snižuje časy prostojů při výměnách nástrojů a nástroj se rychle vrátí zpět do řezu.



Obr. 2.7 Obráběcí centrum Makino A81 [11]

Tab. 2.2 Základní technické parametry stroje [11]

Parametr	Rozměr	jednotka
Upínací plocha (rozměry palety)	630 x 630	mm
Rozsah v ose X	900	mm
Rozsah v ose Y	800	mm
Rozsah v ose Z	1 020	mm
Otáčky pracovního vřetena	20 - 10 000	ot./min
Plynule nastavitelný rozsah pracovního posuvu	1 - 50 000	mm/min
Rychloposuv	50 000	mm/min
Maximální rozměry obrobku	Ø 1 000 x 1 300	mm
Max. zatížení na paletu (centricky)	1 200	kg
Počet nástrojů, které lze uložit	60	/
Doba výměny nástroje	1,7	s
Rychlá výměna nástroje (od řezu k řezu)	4	s
Max. délka vyložení nástroje	600 (690)	mm
Max. průměr nástroje (při neobsazených sousedních místech)	300	mm
Max. hmotnost nástroje	25	kg
Doba výměny palety	15	s
Řídicí systém stroje	Heidenhein	



Obr. 2.8 Rozměry obráběcího stroje Makino A81 [11]

Tento stroj se též jeví jako vhodný kandidát pro výrobu naší součásti. Odpovídá velikostí pracovního prostoru i jeho dalšími parametry, kterými jsou například možnost HSC či rychlý návrat nástroje zpět do procesu řezání. Stroj v současnosti není v plném nasazení, je však využíván k obrábění součásti „rozvodové skříně“.

### **2.1.3 Odůvodnění volby obráběcího stroje**

V předchozím textu byly přiblíženy možné alternativy strojů, které lze z hlediska kapacit firmy uvážit při řešení daného problému. Je nutností vyřadit 2. variantu stroje, kterým je StarragHeckert HEC 800 Athletic s možností výměny 80 nástrojů, jelikož je plně vytížen při obrábění součásti převodové skříně. I přes vyhovující parametry a vlastnosti stroje Makino A81, jako 3. varianty, je jej třeba vyřadit z možných úvah, a to z důvodu jeho nasazení při obrábění součásti rozvodové skříně a nebylo by vhodné přesouvat výrobu této součásti na jiný stroj.

Volba tedy spadá na 1. variantu stroje, kterou je StarragHeckert HEC 800 Athletic s možností zásoby až 240 nástrojů. Důvodem této volby je především jeho volná kapacita, vyhovující parametry a požadavky vedení firmy v jeho nasazení na výrobu součásti „víka hydrauliky“ a současně součásti „konzole přední nápravy“.

Dalším důvodem požadavku na využití uvedeného stroje je skutečnost, že v době pořízení obráběcího centra uzavřela společnost Zetor Tractors a.s. se společností SECO TOOLS CZ s.r.o. smlouvu na kompletní vybavení stroje řeznými nástroji od tohoto výrobce. Smlouva zahrnuje slevu 20% na běžné katalogové položky řezných nástrojů. Tento fakt bude v kapitole 3 brán jako omezující podmínka pro volbu a návrh nových progresivních nástrojů.

V dalším textu bude z výše uvedených důvodů pracováno s údaji stroje 1. varianty.

## **2.2 Portfolio aktuálně používaných řezných nástrojů**


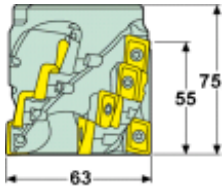
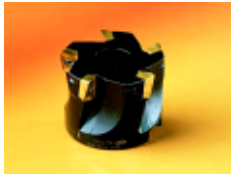
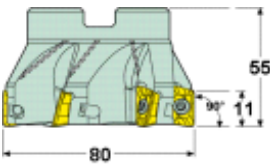

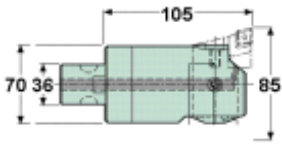

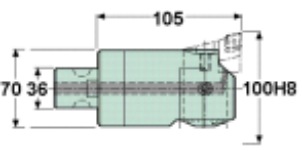

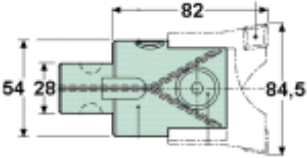
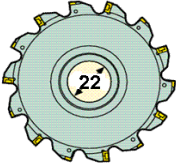
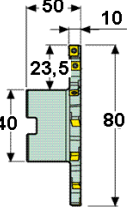
Následující kapitola bude popisovat stávající řezné nástroje, které jsou pro obrobení součásti použity. Toto poslouží k vytvoření představy o nástrojích, které se dají implementovat pro obrobení prvků na součásti, případně posouzení vhodnosti a správnosti jejich volby. Z důvodu poměrně vysokého množství použitých nástrojů v obou operacích zde uvedeme pouze nástroje, kterými jsou obráběny prvky, které byly řešeny v kapitole 1.3.2. Grafická znázornění v Tab. 2.3 a Tab. 2.4 byla převzata z katalogů výrobců řezných nástrojů SECO, EMUGE a HAHNREITER.

Nástroje uvedené v následujících tabulkách byly ve většině případů převzaty ze strojů, kde v současné době nejsou využívány nebo byly původním vybavením stroje HEC 800. Některé nástroje byly objednány od výrobce jako speciální položky.

Pozn.: Kompletní seznam aktuálně používaných nástrojů viz příloha č. 5.


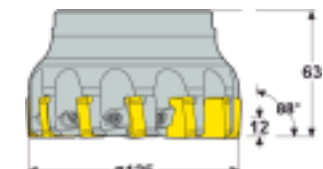

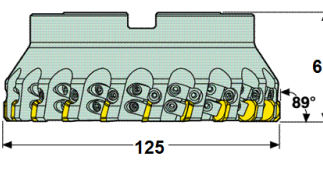

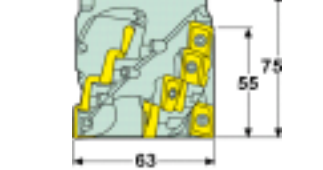

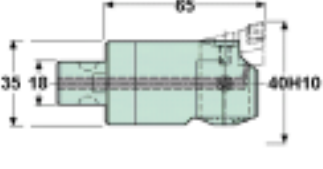
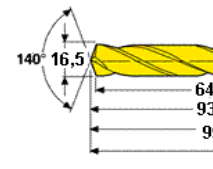
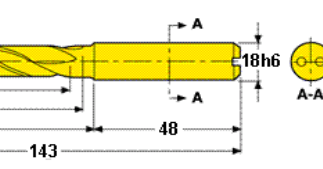
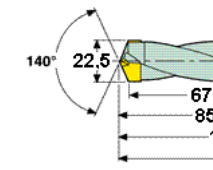
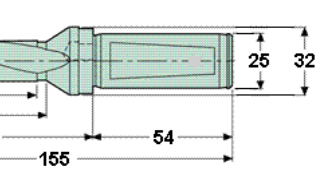
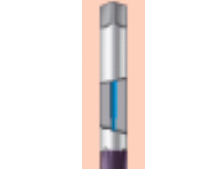
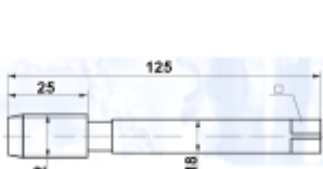
**Nástroje katalogové:****Operace 1:**


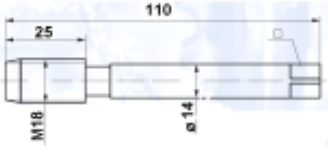

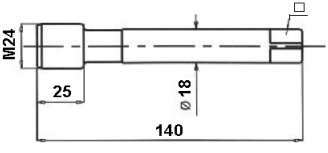

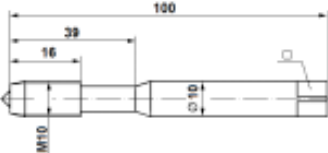

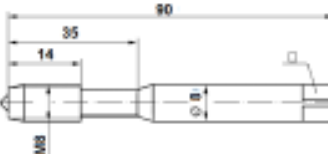

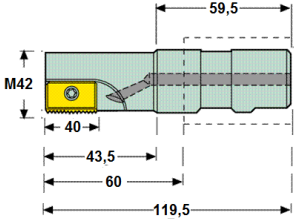

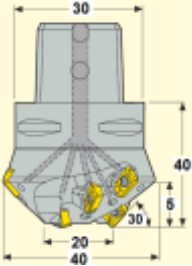
Tab. 2.3 Nástroje stávající technologie pro operaci 1 – katalogové [17], [20], [21]


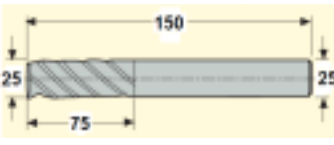
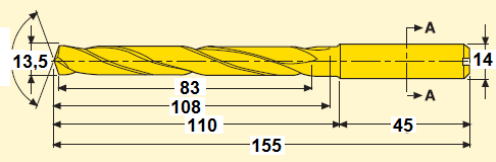
Značení Zetor	Obrázek	Geometrie	Části nástroje	Označení výrobce
T206			Fréza válcová čelní VBD Držák	SECO R220.69-00063-055-12.5A XOMX120408TR-M12-MK15 E9306-5525-27160
T318			Fréza čelní dokonč. VBD Držák	SECO R220.69-0080-12-7A XOMX120408TR-M12-MK15 60.081556
T1401			Vrtací tyč dokonč. Držák VBD VBD Prodloužení Držák	SECO A780-60 A725-60 CCGT09T304-26G6 M402-660 EM9306-401-3675
T1402			Vrtací tyč dokonč. Držák VBD VBD Prodloužení Držák	SECO A780-60 A725-60 CCGT09T304-26G6 M402-660 EM9306-401-3675
T1403			Vrtací tyč hrubovací Držák VBD VBD Držák	SECO A750-50 750-50-CC1290 CCMT120408-F2-TK2000 EM9306-401-28150
T1404			Fréza kotoučová VBD držák	SECO R335.18-080.10.22-4N LNKT060508PPTN-M06 E9306-5525-22160

**Operace 2:**

Tab. 2.4 Nástroje stávající technologie pro operaci 2 - katalogové [17], [20], [21]

Značení Zetor	Obrázek	Geometrie	Části nástroje	Označení výrobce
T1201			Fréza čelní hrubovací VBD Držák	SECO R220.88-0125-15-14 SNHF150412TN-M14-MK30 E9306-5525-40160
T1202			Fréza čelní hrubovací VBD Držák	SECO R220.30-0125-12ST SEEX 1203AFTN-M13 E9306-5525-40160
T206			Fréza válcová čelní VBD Držák	SECO R220.69-00063-055-12.5A XOMX120408TR-M12-MK15 E9306-5525-27160
T1407			Vrtací tyč dokonč. Držák VBD VBD Redukce Prodloužení Prodloužení Držák	SECO A78030 A72530 CCGT060204,51G1 C6-391.0401-18035 C6-391.01-63100A C6-391.01-63140A C6-390.410-100110A
T1419			Vrták Držák	SECO SD205A-16.5-64-18R1 985-A10018A160
T1408			Vrták Redukce Prodloužení Držák	SECO SD30-22,5-67-25R5 C5-391.5803-25090 C5-391.01-50100A C5-390.410-100100A
T1344			Závítník M22x1,5-6H Kleština Držák	EMUGE, SECO C3179401-0438 80.081645 E9306-5875-32160

T317			Závitník M18x1,5-6H Kleština Držák Držák základní	EMUGE, SECO B3179401-0390 80.081583 M5875-2825 EM9306-401-36160
T1409			Závitník M24x1,5-6H Kleština Držák Redukce Prodloužení Prodloužení	SECO, HAHNREITER DIN 374-111-381-2415 32ERTC180145M EM9306-401-36160 M402-660 M402-661 EM9306-401-3675
T1213			Závitník M10 - 6H Kleština Držák	EMUGE B3179401-0100 80.081613 E9306-5875-25160
T1318			Závitník M8 - 6H Kleština Držák základní Redukce Prodloužení Prodloužení	EMUGE B3179401-0080 80.081583 EM9306-401-36160 M403-65-190 FZ111510.07 M402-552
T1410			Závitová fréza VBD Držák	SECO R396.19-2530.3S-4005 396.19-4005.0N4.5ISO E9306-584-325120
T1411			Úhlová fréza VBD Držák	SECO R217.49-1620.RE-XO12 XOMX120408TR-M12-MK15 E9306-5820-16135

T1416			Fréza Držák	SECO 45L250-MEGA A100.70.25.3-HSK100A
T1417			Vrták Držák	SECO SD207A-13.5-83-14R1 E9306-5801-14180

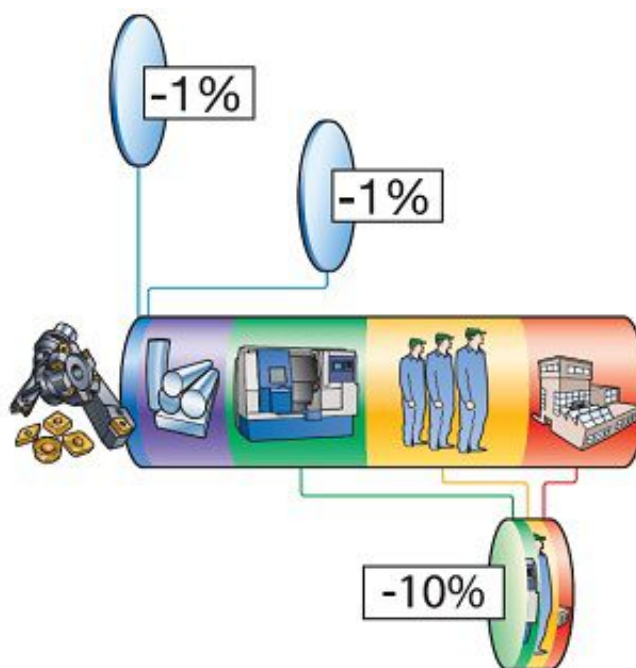
**Nástroje speciální:****Operace 1, 2:**

Tab. 2.5 Nástroje stávající technologie pro operaci 1 a 2 - speciální [17], [20], [21]

	Nástroj	Označení výrobce	Rozměr		Nástroj	Označení výrobce	Rozměr
T116	Vrtací tyč hrubovací	SECO R30.081154	D = 78	T320	Vrták	SECO R30.081263	D = 6,8
	VBD	CCMT120408-F2-TK2000			Prodloužení	BD020-5801-10100	
	VBD	CCMT09T308-F2-TK2000			Držák	E9306-5803-20160	
	Držák VBD	SCFCR12CA-12					
	Držák VBD	SCFCR10CA-09					
T209	Fréza	SECO R50.081763	D = 80	T1205	Vrták	SECO R30.081368	D = 8,5
	VBD	SNHF150412TN-M14-MK30			Držák	E9306-5803-12160	
	Držák	E9306-5525-27160					
T507	Vrták	SECO R30.081599	D = 19,7	T1317	Vrták	SECO R30.081415	D = 11,7
	Držák	E9306-5803-20160			Držák	E9306-5803-16130	
T509	Výstružník	SECO R30.081707	D = 20H8	T116	Fréza válcová čelní	SECO R50.081657	D = 30
	Držák	E9306-5803-20130			Držák	E9306-5820-16185	
T1304	Vrtací tyč hrubovací	SECO R30.082623	D = 98	T1337	Vrtací tyč	SECO R30.081793	D = 20,5
	VBD	CCMT120408-F2-TK2000			VBD	SCGX060204-P2-T2000D	
	Držák VBD	SCFCR12CA-12			VBD	SPGX0602-C1 T400D	
T1406				T1406	Držák	E9306-584-25160	
	Vrtací tyč	SECO SD509-39.2-1211662	D = 39,2		Vrtací tyč	SECO SD509-39.2-1211662	D = 39,2
	VBD	SCGX120408-P2-DP2000			VBD	SCGX120408-P2-DP2000	
	VBD	SCGX09T308-P2 T300D			VBD	SCGX09T308-P2 T300D	
	Držák	C6-390.410-100110A			Držák	C6-390.410-100110A	
	Prodloužení	C6-391.01-63100A			Prodloužení	C6-391.01-63100A	
Prodloužení	C6-391.01-63140A	Prodloužení		C6-391.01-63140A			
T1420	Výstružník	HAM-FINAL 6306-098	D = 12C8	T1420	Výstružník	HAM-FINAL 6306-098	D = 12C8
	Držák	E9306-5801-14180			Držák	E9306-5801-14180	

### 3 NÁVRH NOVÉ VARIANTY NA REÁLNÉ PODMÍNKY

Každý výrobní podnik se v rámci svých možností snaží maximálně zefektivňovat svoji činnost. Tuto efektivitu lze označit jako hospodárnost výroby, což ve své podstatě znamená dosáhnout maximálních užitků z daných výrobních možností. Hospodárnost výroby je komplexní pojem jdoucí napříč spektry podniku a je ovlivněna mnoha faktory. Těmito faktory v komplexním měřítku mohou být nástroje, stroje, zaměstnanci, materiál apod. Vzhledem k charakteru řešeného problému této práce je nutné se zaměřit na hospodárnost v oblasti obrábění, která do finální efektivity značně zasahuje. Ovlivňujícími faktory v oblasti hospodárnosti obrábění jsou především stroje, nástroje, materiály obrobků, jejich rozměry a konstrukce, velikosti výrobních sérií, stupeň automatizace apod. „Finanční situace podniku je závislá na tom, jak velké zisky z investic vznikají. Začíná to penězi investovanými do akcií, nebo přímo vloženými do podniku. Skutečný růst vidí svět financí v tom, jestliže se z investovaných peněz stanou opět peníze investovatelné“. [12] To znamená, že když už je investice, ať už do akcií či do nových strojů, realizována, jsou od ní očekávány dostatečně vysoké zisky. A právě těchto zisků, respektive úspor na nákladech, lze dosáhnout optimalizováním výrobního procesu. Jak je psáno v literatuře [12], řezný nástroj má významný vliv na celkové náklady výroby. Tyto náklady se obecně skládají z nákladů na řezný nástroj, držák nástroje, nástroje a měřidla, obráběcí stroj, obráběný materiál a mzdových a všeobecných nákladů. Jsou-li řezné nástroje vhodně zvoleny, jejich vliv na snížení celkových výrobních nákladů je podstatný, jak ilustruje obr. 3.1.



Obr. 3.1 Úspora nákladů při vhodné volbě nástroje [15]

Vztáhneme-li tento problém přímo na nástroj v pracovním procesu, lze konstatovat, že jakýmkoli zlepšením jedné z proměnných při procesu obrábění se dosáhne zvýšení produktivity, tedy snížení časů potřebných pro obrobení součásti, a tím také zrychlení návratnosti investic.

Z textu výše je zřejmé, že úkolem této kapitoly bude návrh a volba nejvhodnějších variant, úprav a optimalizací pro dosažení maximální hospodárnosti obrábění součásti řešené v této práci.

### 3.1 Určení nejvhodnějších řezných materiálů

Je známo, že různé materiály řezných nástrojů jsou určeny, respektive se nejlépe hodí, k obrábění určitých materiálů obrobků. Konkrétně je tedy třeba určit řezné materiály, které se nejlépe hodí k obrobení materiálu zde řešené součásti, kterým je tvárná litina s kuličkovým grafitem EN GJS – 400 – 15.

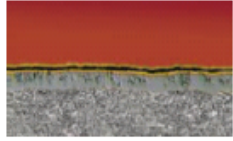
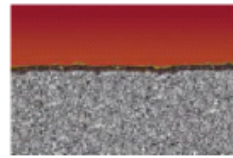
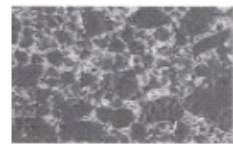

Tento materiál spadá v klasifikačním systému ISO do skupiny **K** viz tab. 3.1. Jednotliví výrobci řezných materiálů se odkazují na tento klasifikační systém a každému materiálu přiřazují nejvhodnější řezný materiál v závislosti na způsobu obrábění (K01 – K40). Níže budou uvedeny nejvhodnější materiály, které doporučují výrobci pro danou skupinu obráběného materiálu a podmínky obrábění.

Tab. 3.1 Základní rozdělení slinutých karbidů [14]

Skupina	Podskupina	Základní chemické složení	Efektivní aplikace pro obráběný materiál
<b>P</b>	P01, P05, P10, P15, P20, P25, P30, P35, P40, P45, P50	WC (30 - 82)% + TiC (8 - 64)% + Co (5 - 17)% + (TaC,NbC)	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající dlouhou, plynulou třísku: Nelegovaná, nízkolegovaná a vysoce legovaná ocel, litá ocel, automatová ocel, nástrojová ocel, feritická a martenzitická korozivzdorná ocel.
<b>M</b>	M01, M05, M10, M15, M20, M25, M30, M35, M40	WC (79 - 84)% + TiC (5 - 10)% + Co (6 - 15)% + TaC,NbC (4 - 7)%	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající dlouhou a střední třísku: Austenitická a feriticko austenitická ocel, korozivzdorná, žáruvzdorná, žárovevná, nemagnetická a oteřuvzdorná ocel.
<b>K</b>	K01, K05, K10, K15, K20, K25, K30, K35, K40	WC (87 - 92)% + Co (4 - 12)% + (TaC,NbC)	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající krátkou, drobnou třísku: Nelegovaná i legovaná šedá litina, tvárná litina, temperovaná litina.
<b>N</b>	N01, N05, N10, N15, N20, N25, N30		Slinuté karbidy pro obrábění neželezných materiálů: Slitiny mědi a hliníku, duroplasty, fibry, plasty s vlákninou, tvrdá guma.
<b>S</b>	S01, S05, S10, S15, S20, S25, S30		Slinuté karbidy pro obrábění: Žáruvzdorné slitiny na bázi Fe, superslitiny na bázi Ni nebo Co, Titanu, Ti slitiny.
<b>H</b>	H01, H05, H10, H15, H20, H25, H30		Slinuté karbidy pro obrábění: Zušlechtnuté oceli s pevností nad 1500 MPa, kalené oceli HRC 48=60, tvrzeňé kokilové litiny HSH 55=58

Kupříkladu pro představu ve vztahu k řešené součásti je K01 slinutý karbid pro jemné vyvrtávání a frézování načisto, K10 je SK pro vrtání, frézování, zahlubování, K20 frézování, zahlubování a vyvrtávání vyžadující velmi houževnatý řezný materiál, K30 frézování při nepříznivých podmínkách obrábění apod.

Tab. 3.2 Příklady doporučených (nejvhodnějších) řezných materiálů pro frézování / vrtání materiálů skupiny K [16], [18]

Řezný materiál	Výrobce	Onačení výrobce	Rozsah použití	Ilustrace	
Povlakované slinuté karbidy	CVD	SECO	MK1500	K10 - K30	 SK CVD povlak
		SECO	MP1500	K10 - K30	
		PRAMET	5026	K15 - K30	
		PRAMET	6640	K20 - K35	
		SANDVIK	GC3220	K10 - K30	
		SANDVIK	GC1020	K15 - K40	
	PVD	PRAMET	8016	K05 - K25	 SK PVD povlak
		PRAMET	8026	K15 - K35	
		PRAMET	7040	K25 - K40	
		SECO	MK2000	K10 - K30	
PKNB	CBN	SECO	CBN300	K01 - K30	
		SANDVIK	CB50	K01 - K10	
	CBN (PVD)	SECO	CBN300P	K01 - K30	
Keramika	SANDVIK	CC6190	K10		

Přední čeští a světoví výrobci doporučují pro obrábění skupiny materiálů **K** řezné materiály takové, které můžeme vidět v tabulce výše. Zásadní prim při obrábění litiny hrají **povlakované slinuté karbidy**, jež jsou schopny zaštitit celou škálu od jemného obrábění (K05), až po obrábění nejhrubší za nepříznivých podmínek (K40). Dalším možným kandidátem se jeví **polykrystalický kubický nitrid bóru** a to buď povlakovaný, nebo bez povlaku. Je určen, resp. doporučen především pro dokončovací obrábění a obrábění s příznivými podmínkami tvárných litin především perlitických (s vyšším podílem perlitické fáze v matici – vyšší tvrdost). Chceme-li kvalitní povrch a extrémní řezné rychlosti, můžeme využít **povlakovanou keramiku**, která je ovšem nevhodná pro přerušovaný řez a je vhodná především pro obrábění litin s vyšší tvrdostí, což není případ tvárné litiny feritické. Ostatní řezné materiály, jako jsou cermety či polykrystalický diamant, nejsou pro litinu doporučovány. Poslední dva jmenované řezné materiály pro obrábění litiny (PKNB a povl. keramika) jsou ovšem oproti slinutým karbidům výrazně dražší, nezdědka až o jeden řád, a tudíž bude při volbě řezných nástrojů uvažováno se slinutými karbidy.

### 3.2 Návrh varianty se zaměřením na racionalizaci řezných nástrojů

Při zavádění nové součásti do výroby je obecnou snahou zajištění maximálního využití výrobních časů a obráběcího stroje. Důkladný rozbor postupů a nákladů vede ke stanovení nejlepších metod obrábění daných prvků součásti a stejně tak i ke stanovení nejlepších možných nástrojů k těmto metodám, což zajistí jejich optimální využití. Toto vede i ke snižování nákladů na nástroje, manipulaci s nimi a jejich výměnu. Taktéž lze touto cestou výrazně redukovat rozsah obrábění, časy potřebné pro výměny nástrojů a tím významně zkrátit dobu navrácení investic do nástrojů a strojů.

V otázce racionalizace nástrojů ve vztahu k řešené součásti budou sledovány především cíle **redukce množství použitých nástrojů na minimum, optimální volba nástrojů pro rozdílné metody obrábění a zajištění nejvyššího stupně využití moderních druhů řezných nástrojů.**

#### 3.2.1 Rozbor jednotlivých obráběných prvků a použitých nástrojů

Následující kapitola bude sledovat posouzení vhodnosti použitých nástrojů a metod obrábění v původní variantě a dále potom návrhy nových, progresivnějších variant. Rozbor bude zaměřen především na minimalizaci počtu nástrojů zapojených do procesu obrábění, jejich optimální volbu a maximální využití. Odkazy na jednotlivé prvky odpovídají obr. 1.16, který byl uveden v kapitole 1.3.2.

Pozn.: Věnována bude pozornost prvkům, které lze vylepšit z hlediska výše uvedeného a prvkům problematickým. Zbylé prvky a nástroje, které již splňují maximální efektivitu jejich obrobění, a kde tudíž není třeba cokoli vylepšit, nebudou v této kapitole uvedeny. Navrhovaná varianta 1 bude uvažovat alternativní nástroje jako běžné katalogové položky a Navrhovaná varianta 2 bude uvažovat alternativní nástroje jako speciální položky. Označení nástrojů bude zachováno podle značení firmy Zetor Tractors a.s., viz přílohy 5 a 9. Tabelaované (přehledné) návrhy nových variant obrobění prvků lze nalézt v příloze 6.

#### Operace 1:

##### Prvek 1:

Pro obrobění tohoto prvku uvažuje původní varianta 4 nástroje, kterými jsou:

- **T116 (vrtací tyč ØD=78 mm):**
  - předhrubování díry  $\text{ØD}=85_{+0,130}^{+0,170}$  na  $\text{ØD}=78$  mm v délce  $L=106,5$  mm
- **T1403 (hrubovací vyvrtávací tyč ØD=84,5 mm):**
  - hrubování díry  $\text{ØD}=85_{+0,130}^{+0,170}$  mm na  $\text{ØD}=84,5$  mm v délce  $L=106,5$  mm

➤ **T1401 (dokončovací vyvrtávací tyč  $\varnothing D=85_{+0,130}^{+0,170}$  mm):**

- dokončení díry na  $\varnothing D=85_{+0,130}^{+0,170}$  mm

➤ **T1404 (kotoučová fréza  $\varnothing D=80$  mm):**

- zpětné planetové frézování vnitřního čela u díry  $\varnothing D=85$  mm

Jako nová, čistě teoretická varianta obrobení tohoto prvku se nabízí využití frézy T206 (fréza čelní válcová pro frézování do rohu), která by byla schopna frézováním kruhovou interpolací (planetové frézování) hrubovat díru  $\varnothing D=85$  mm na  $\varnothing D=83$  mm, se zachováním přídávku na dokončení 2 mm. Tímto způsobem by byly ušetřeny nástroje T116 a T1403. Vzhledem k maximální axiální hloubce řezu frézy  $a_p=55$  mm a délce díry  $L=106,5$  mm by bylo nutné frézovat kruhovou interpolací nadvakrát.

Tuto vyloženě teoretickou variantu je nutno vyřadit z důvodu příliš dlouhých strojních časů, které by se vzhledem k sériovosti výroby ukázaly jako velice neekonomické. Vždy jsou pro obrobení děr výhodnější a efektivnější nástroje, umožňující úběr materiálu v axiálním směru.

V další uvažované variantě lze obrobít prvek při zachování pouze tří nástrojů, přičemž by se zachovaly nástroje T1403, T1401 a T1404. Je možné konstatovat, že nástroj pro předhrubování díry na  $\varnothing D=78$  mm je zbytečný a jeho funkci dokáže zastoupit hrubovací tyč T1403. Byl by tak ušetřen jeden nástroj a časy s ním spojené.

Jako progresivní variantu obrobení prvku lze uvažovat sdružený speciální nástroj, který by byl schopen současně obrobít jak Prvek 1, tak i Prvek 2, včetně korektního sražení hran. Princip tohoto nástroje by spočíval ve sdružených průměrech nástroje s VBD pro sražení hran ( $\varnothing D=84/ \varnothing D=98/0,7 \times 45^\circ / 2,5 \times 20^\circ$ ) s pohybem nástroje v axiálním směru. Délka části nástroje s menším průměrem by měla být řešena tak, aby po vyjetí zubů tohoto průměru ze záběru přišly do záběru zuby většího průměru. Nedošlo by tak ke konfrontaci řezných podmínek. Takto řešené nástroje by bylo nutné vyrobit ve dvou variantách, přičemž jeden z nástrojů by byl určen pro obrábění hrubovací a druhý pro obrábění dokončovací. Nepopíratelnou výhodou takto zvolených nástrojů by byla jejich vysoká progresivita, snížení počtu použitých nástrojů oproti původní variantě, možnost obrobení dvou prvků současně a výrazné snížení časů pro obrobení těchto prvků. Významnou nevýhodou je vysoká cena nástroje, což by se ovšem vzhledem k sériovosti výroby a plánované několikaleté výrobě součásti mohlo ukázat jako výhodná investice. Další nevýhodou je omezené použití tohoto nástroje. Informace o takto koncipovaných speciálních nástrojích zazní v kapitole 3.3.

Pro obrobení Prvku 1 je nutno zachovat nástroj T1404 pro zpětné frézování vnitřního čela díry, jelikož jiný způsob obrobení čela nepřichází v úvahu.

**Prvek 2:**

Pro obrobení tohoto prvku uvažuje původní varianta 5 nástrojů, kterými jsou:

- **T206 (čelní válcová fréza pro frézování do rohu  $\varnothing D=63$  mm,  $\max a_p=55$  mm):**
  - kruhovou interpolací hrubování čela díry  $\varnothing D=100H8$  – 2 třísky
- **T1304 (hrubovací vyvrtávací tyč  $\varnothing D=98$  mm):**
  - hrubování díry  $\varnothing D=100H8$  na  $\varnothing D=98$  mm v délce  $L=17$  mm
- **T209 (čelní fréza  $\varnothing D=80$  mm):**
  - kruhovou interpolací sražení hran u  $\varnothing D=85_{+0,130}^{+0,170}$  mm a  $\varnothing D=100H8$  na  $0,7 \times 20^\circ$  a  $2,5 \times 20^\circ$
- **T1402 (dokončovací vyvrtávací tyč  $\varnothing D=85_{+0,130}^{+0,170}$  mm):**
  - dokončení díry na  $\varnothing D=100H8$
- **T318 (čelní fréza  $\varnothing D=80$  mm):**
  - kruhovou interpolací dokončení čela díry  $\varnothing D=100H8$

Jak bylo uvedeno v textu výše, jako čistě teoretickou variantu by bylo možné použít frézu T206, která by byla schopna kruhovou interpolací (planetové frézování) hrubovat otvor  $\varnothing D=100H8$  na  $\varnothing D=98$  mm v délce  $L=17$  mm. Ušetřil by se tak jeden nástroj T1304 a časy s ním spojené. Tuto variantu vyřazujeme z důvodů uvedených v textu výše.

Další varianta uvažuje možnost zachování pouze čtyř nástrojů namísto pěti, přičemž bude vyřazen nástroj T318 na dokončovací frézování čela. Jeho funkci převezme nástroj T206, který je schopen kruhovou interpolací již při druhé třísce dosáhnou předepsané drsnosti povrchu  $Ra12,5$   $\mu\text{m}$ . Takto by byl ušetřen jeden nástroj a časy s ním spojené.

Progresivní varianta obrobení tohoto prvku byla uvedena v textu výše, a to jako volba speciálního sdruženého nástroje, který je schopen obrobít dva prvky současně. Jeden nástroj pro obrábění hrubovací, druhý pro obrábění dokončovací. Výhody a nevýhody spojené s tímto nástrojem již byly popsány. Je ovšem nutností zachovat nástroj T206 pro obrobení čela díry.

**Operace 2:****Prvek 3:**

Pro obrobení tohoto prvku uvažuje původní varianta 2 nástroje, kterými jsou:

- **T1201 (čelní fréza  $\varnothing D=125$  mm,  $z=14$ ):**
  - hrubovací frézování dosedací plochy na rozvodovou skříň (základna) – 2 třísky
- **T1202 (čelní fréza  $\varnothing D=125$  mm,  $z=15$ ):**
  - dokončovací frézování dosedací plochy na rozvodovou skříň (základna)

Nová varianta obrobení tohoto prvku uvažuje progresivní nástroj od společnosti SECO TOOLS CZ s.r.o., kterým je čelní fréza  $\text{ØD}=125$  mm s počtem zubů  $Z=15$  (Double Octomill). Fréza spojuje zdánlivě protichůdné hrubování a dokončování jedním nástrojem. Základem je břitová destička. V tomto případě se jedná o osmibokou radiální destičku typu ONMF 090520 ANTN MD16 s povlakováním DURATOMIC (výrazně vyšší životnost), která má celkem 16 řezných hran. Destička má nulový úhel hřbetu a je velmi stabilní. Délka wiper plochy je 7 mm, a řezný proces je klidný bez nároku na velký výkon stroje. Destička umožňuje efektivní obrábění do maximální hloubky řezu  $a_p=6$  mm. Při dokončovacím frézování lze dosáhnout vysoké jakosti opracování s drsností až pod  $R_a=0,8$   $\mu\text{m}$ . Podmínkou je nepřekročení hodnoty posuvu  $f_n=7$   $\text{mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , což je efektivní délka wiper plošky. Z těchto informací vyplývá, že pro dosažení předepsané drsnosti povrchu  $R_a=6,3$   $\mu\text{m}$  lze posuvy zvýšit.

Výhodou tohoto nástroje je výrobcem zaručená možnost použití nástroje jak na hrubování, tak i na dokončování, společně se zaručenou vysokou jakostí obrobeného povrchu. Lepší strojní časy zajišťují možné vyšší řezné rychlosti a posuvy, než jaké jsou u nástrojů v původní variantě. Je možno snížit počet záběrů nástroje. Při aplikaci nástroje by byl oproti původní variantě ušetřen jeden nástroj.

### **Prvek 8:**

Pro obrobení tohoto prvku uvažuje původní varianta 3 nástroje, kterými jsou:

- **T1416 (čelní válcová fréza  $\text{ØD}=25$  mm, max  $a_p = 75$  mm):**
  - hrubovací frézování kruhovou interpolací čela díry  $\text{ØD}=40\text{H}10$
- **T1406 (hrubovací vyvrtávací tyč  $\text{ØD}=39,2$  mm – 1 VBD pro sražení hrany  $45^\circ$ ):**
  - hrubování díry  $\text{ØD}=40\text{H}10$  na  $\text{ØD}=39,2$  mm v délce  $L=14$  mm se sražením hrany  $2\times 45^\circ$
- **T1407 (dokončovací vyvrtávací tyč  $\text{ØD}=40\text{H}10$ ):**
  - dokončování díry  $\text{ØD}=40\text{H}10$  v délce  $L=14$  mm

Obrábění uvedeného prvku se v původní variantě jeví jako velice problematické. Veliké vyložení nástroje (přes 600 mm) a konstrukce hrubovacího nástroje s jednou VBD pro předepsané sražení hrany na  $2\times 45^\circ$  způsobuje chvění (vibrace) nástroje v okamžiku, kdy se tento břit dostane do záběru a tím vzniká nevyhovující jakost obrobené plochy sražení a díry. Dalším problematickým jevem, který se zde vyskytuje, je fakt, že v okamžiku, kdy je VBD pro sražení hrany zapojena do procesu řezání, je nutno kontinuálně měnit řezné podmínky až do minimálních hodnot.

Pro zamezení výše uvedeným problémům lze doporučit hrubovací nástroj symetrický, se dvěma VBD pro sražení hrany a zjemnění řezných podmínek. Symetrická geometrie nástroje zabrání jeho odtlačování od osy díry a tím

vznikajících vibrací a umožní zachování posuvu na zub  $f_z$  (nemusí se kontinuálně měnit řezné podmínky).

### **Prvek 12:**

Pro obrobení tohoto prvku uvažuje původní varianta 5 nástrojů, kterými jsou:

- **T109 (čelní válcová fréza  $\varnothing D=30$  mm,  $\max a_p = 24$  mm):**
  - 9x odebrání přídavku na obrábění  $\varnothing D=30$  mm u děr  $\varnothing D=13,5$  mm
- **T1324 (vrták monolitní  $\varnothing D=15$  mm):**
  - 11x navrtání děr  $\varnothing D=13,5$  mm kvůli vedení nástroje
- **T1416 (čelní válcová fréza  $\varnothing D=25$  mm,  $\max a_p = 75$  mm):**
  - 1x odebrání přídavku na obrábění  $\varnothing D=30$  mm u díry  $\varnothing D=13,5$  mm
- **T1417 (vrták monolitní  $\varnothing D=13,5$  mm):**
  - 11x vrtání díry  $\varnothing D=13,5$  mm
- **T206 (čelní válcová fréza pro frézování do rohu  $\varnothing D=63$  mm,  $\max a_p = 55$  mm):**
  - 1x odebrání přídavku na obrábění  $\varnothing D=30$  mm v operaci 1 (v operaci 2 vadí upínka)

První variantou, která přichází v úvahu z hlediska racionalizace nástrojů při obrábění uvedeného prvku, je vyřazení frézy T109, která díky své konstrukci neumožňuje odebrání materiálu v axiálním směru. Tudíž je nutnost použít dalšího nástroje (T1416) pro odebrání přídavku na obrábění  $\varnothing D=30$  mm u jedné díry  $\varnothing D=13,5$  mm, kde v operaci 2 vadí upínač. Tuto frézu nahradíme záhlubníkem (fréza, resp. vrták, který umožňuje odebrání materiálu v axiálním směru) o  $\varnothing D=30$  mm, čímž se výrazně zkrátí pojezdy nástroje, strojní časy a výrazně se zvýší progresivita obrábění prvku. Volba tohoto nástroje, uvážíme-li, že je takto nutno zahloubit 10x, se ve finálním měřítku projeví jako dobrá. Touto volbou se ušetří nástroj T109 a T1416 a časy s nimi spojené.

Progresivní varianta obrobení prvku uvažuje sdružený speciální nástroj, kdy bude vrták  $\varnothing D=13,5$  mm sdružený se záhlubníkem  $\varnothing D=30$  mm. Tento nástroj umožní současné vrtání díry a zahloubení, čímž se výrazně sníží počet záběrů nástrojů a dojde ke snížení počtu použitých nástrojů. Je nutno uvážit délku vrtací části nástroje, protože délky děr nejsou jednotné (7 děr v délce  $L=52$  mm a 4 díry v délce  $L=72$  mm). Z tohoto důvodu je nutno zajistit délku vrtací části nástroje na min.  $L=72$  mm, přičemž aby nedocházelo k časovým ztrátám při obrábění kratších děr, je potřeba zajistit po vyvrtání délky  $L=52$  mm zrychlený příjezd do řezu zahloubení. Tento nástroj nahradí nástroje T109, T1416 a T1417. Výrazně se tak sníží strojní časy pro obrobení jedenácti prvků. Nevýhodou je vyšší cena nástroje, která však oproti běžným katalogovým položkám není tolik markantní, jako u speciálních nástrojů pro Prvek 1 a Prvek 2 v operaci 1.

Je třeba zachovat nástroj T1324, který poslouží k navrtání děr a tímto k následnému dobrému vedení nástroje (zajistí, že se vrták  $\text{ØD}=13,5$  mm nevyosí) a T206, který v první operaci odebere přídavek na obrábění díry  $\text{ØD}=13,5$  mm, jelikož v operaci 2 bude speciálnímu nástroji, resp. záhlubníku vadit přípravek na upnutí součásti.

### **Prvek 13:**

Pro obrobení tohoto prvku uvažuje původní varianta 4 nástroje, kterými jsou:

- **T206 (čelní válcová fréza pro frézování do rohu  $\text{ØD}=63$  mm, max  $a_p = 55$  mm):**
  - odebrání přídavku na obrábění čela díry  $\text{ØD}=38,4$  mm pro závit M42
- **T1416 (čelní válcová fréza  $\text{ØD}=25$  mm, max  $a_p = 75$  mm):**
  - kruhovou interpolací (planetové frézování ve šroubovici) hrubování  $\text{ØD}=38,4$  mm pro závit M42 do hloubky  $L=70$  mm
- **T1411 (úhlová fréza  $\text{ØD}=40/30^\circ/z=3$ ):**
  - sražení hrany díry  $\text{ØD}=38,4$  mm na  $\text{ØD}=52^{+1}$  mm /  $120^\circ$  ( $\approx 7 \times 30^\circ$ )
- **T1410 (závitová fréza  $\text{ØD}=30/z=3/P=4,5$ ):**
  - kruhovou interpolací (planetovým frézováním) frézovat závit M42-5H do hloubky  $L=25$  mm

V první navrhované variantě pro tento prvek je možné nahradit frézu T1416 hrubovací vyvrtávací tyčí  $\text{ØD}=38,4$  mm. První zmíněný nástroj je příliš neprogresivní a strojní čas, potřebný pro obrobení díry planetovým frézováním ve šroubovici je velice dlouhý. Další velikou nevýhodou nástroje T1416 je působení velikých radiálních sil na nástroj, což zapříčiní pružné deformace a odchýlení nástroje od osy díry. Nelze se tedy spolehnout na přesnost rozměrů obrobeného otvoru. Nahradíme jej proto progresivnějším nástrojem, kterým je hrubovací vyvrtávací tyč. Tento nástroj umožní oproti T1416 výrazně rychlejší odebrání materiálu v axiálním směru, čímž značně sníží strojní časy. Výhodou tohoto nástroje je přímost vedení bez působení radiálních sil se zaručenou přesností rozměrů obrobeného otvoru až IT9.

Jako progresivní variantu obrobení prvku lze uvažovat sdružený speciální nástroj, který současně předhrubuje díru na  $\text{ØD}=36$  mm, následně díru dokončí na  $\text{ØD}=38,4$  mm a v poslední fázi srazí hranu dle předpisu na výkrese. Z předchozího textu je zřejmé, že nástroj bude mít sdružené průměry  $\text{ØD}=36$  mm a  $\text{ØD}=38,4$  mm s VBD pro sražení hrany. Délku předhrubovací části nástroje lze zvolit cca o 15% kratší, než je délka obráběného otvoru. Rozdíly mezi průměry na nástroji nejsou příliš markantní a konfrontace řezných podmínek tudíž nehrozí. Ušetří se tak i frézovaná délka. Výhody nástroje jsou totožné s výše uvedenou první variantou. Při volbě tohoto speciálního nástroje dojde k ušetření nástrojů T1416 a T1411, k výraznému snížení strojních časů a ke značnému zvýšení progresivnosti obrobení prvku.

Pozn.: Bylo zjištěno, že výše navržené varianty nejsou aplikovatelné, viz kapitola 3.3.

**Prvek 16:**

Pro obrobení tohoto prvku uvažuje původní varianta 3 nástroje, kterými jsou:

- **T1324 (vrták monolitní ØD=15 mm):**
  - 2x navrtání děr pro středící kolíky ØD=12C8 pro dobré vedení nástroje T1317 a pro sražení hrany 1x45°
- **T1317 (vrták monolitní ØD=11,7 mm):**
  - 2x vrtání díry ØD=11,7 mm do hloubky L=14 mm
- **T1420 (výstružník ØD=12C8):**
  - 2x vystružení díry ØD=12C8 do hloubky L=14 mm

Pro ušetření nástroje T1324 a časů s ním spojených lze nahradit vrták T1317 speciálním vrtákem ØD=11,7 mm se srážecem hrany v délce vrtání L=14mm. Volbou tohoto nástroje se sníží počet použitých nástrojů a tím i počet úkonů a strojní časy. Nevýhodou je poněkud vyšší cena nástroje, nicméně z hlediska sériovosti výroby lze tento nástroj označit jako „vhodná volba“.

Pozn.: V této kapitole uvedené speciální nástroje a alternativy nástrojů budou dále podrobněji rozebrány v kapitole 3.3 Návrh progresivních řezných nástrojů. Tabelované návrhy variant, jak byly výše uvedeny, je možno v přehledné formě s uvedením doplňujících informací nalézt v příloze 6. Obecná doporučení pro obrobení prvků na řešené součásti viz Tab. 3.3

Tab. 3.3 Obecná doporučení k obrobení prvků

Prvek	Doporučení	Výhody
1	Pro obrobení daného prvku lze vynechat vrtací tyč pro předhrubování otvoru na průměr $\varnothing D=78$	Nižší počet nástrojů, kratší strojní časy, dobrá souosost děr
	Lze sjednotit sražení hrany $0,7 \times 45^\circ$ na $0,7 \times 20^\circ$	
	Za účelem výrazného snížení strojního času lze použít speciální nástroj, který obrobí současně Prvek 1 a Prvek 2, včetně korektního sražení hran	
2	Jedním nástrojem hrubovat a dokončovat čelo díry $\varnothing D=100H8$	Nižší počet nástrojů, kratší strojní časy, dobrá souosost děr
	Za účelem výrazného snížení strojního času lze použít speciální nástroj, který obrobí současně Prvek 1 a Prvek 2, včetně korektního sražení hran	
3	Lze zvolit katalogový nástroj od společnosti SECO, u kterého je zaručeno možné použití pro operaci hrubování i dokončování vysokými řeznými rychlostmi jedním nástrojem se zaručeným dosažením požadované drsnosti povrchu a přesnosti plochy.	Nižší počet nástrojů, kratší strojní časy, dobré Ra
5	Při předvrtávání díry $\varnothing D=16,5$ pro závit M18x1,5 je potřeba použít vrták se srážecem hrany pro následné dobré zavedení závitníku do díry.	Vyšší bezpečnost
7	Při předvrtávání díry $\varnothing D=20,5$ pro závit M22x1,5 je potřeba použít vrták se srážecem hrany pro následné dobré zavedení závitníku do díry.	Vyšší bezpečnost
8	Pro zamezení vibrací, které vznikají při obrábění prvku pro uložení hydraulického válce do víka hydrauliky je potřeba zvolit nástroj s rozdílnou roztečí zubů, nebo nahradit nástroj s jednou VBD na sražení hrany symetrickým nástrojem se dvěma VBD na sražení hrany. Dále je možno předejít vibracím zjemněním řezných podmínek.	Zamezení vibrací (nedojde k odtlačení nástroje z osy vedení), zachování fz
12	Namísto frézy o $\varnothing D=30$ , která neumožňuje úběr materiálu v axiálním směru, lze použít záhlubník (fréza pro úběr matr. v ax. směru) $\varnothing D=30$	Nižší počet nástrojů, menší pojezdy nástroje, kratší strojní časy
	Lze použít speciální nástroj, který vyvrtá současně díru $\varnothing D=13,5$ a zahloubení $\varnothing D=30$	
	Je třeba předvrtat kvůli přesnému vedení nástroje	
13	Za účelem výrazného snížení strojního času při obrábění tohoto prvku je potřeba zaměnit nástroj (stopkovou frézu - helical milling) $\varnothing D=25$ za nástroj (vrtací tyč hrubovací) $\varnothing D=38,4$	Nižší počet nástrojů, kratší strojní časy, přímé vedení nástroje
	Za účelem výrazného snížení strojního času lze použít sdružený speciální nástroj, který obrobí vyžadovaný průměr $\varnothing D=38,4$ , včetně korektního sražení hrany na $120^\circ$	
16	Při vrtání díry pro středící kolíky použít vrták $\varnothing D=11,7$ se srážecem hrany	Nižší počet nástrojů

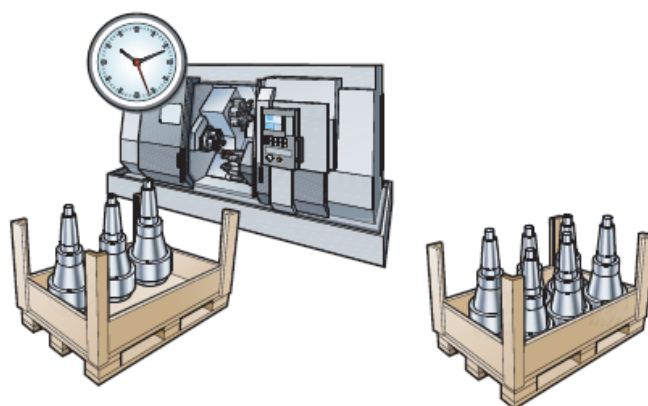
### 3.2.2 Porovnání stávajícího stavu se stavem navrhovaným

Jedním z obecných názorů předních světových odborníků na zefektivnění výroby a maximální snížení výrobních časů a nákladů na obrábění komponent je minimalizace nástrojů zapojených do procesu obrábění součástí, případně jejich náhrada za nástroje maximálně progresivní, které jsou schopny ustát vysoké hodnoty řezných podmínek. Životnost nástroje a náklady na nástroj mají z hlediska sériovosti výroby na celkové náklady minimální vliv. Je tedy výhodnější investovat do kvalitních řezných nástrojů, jde-li o sériovou či hromadnou výrobu.

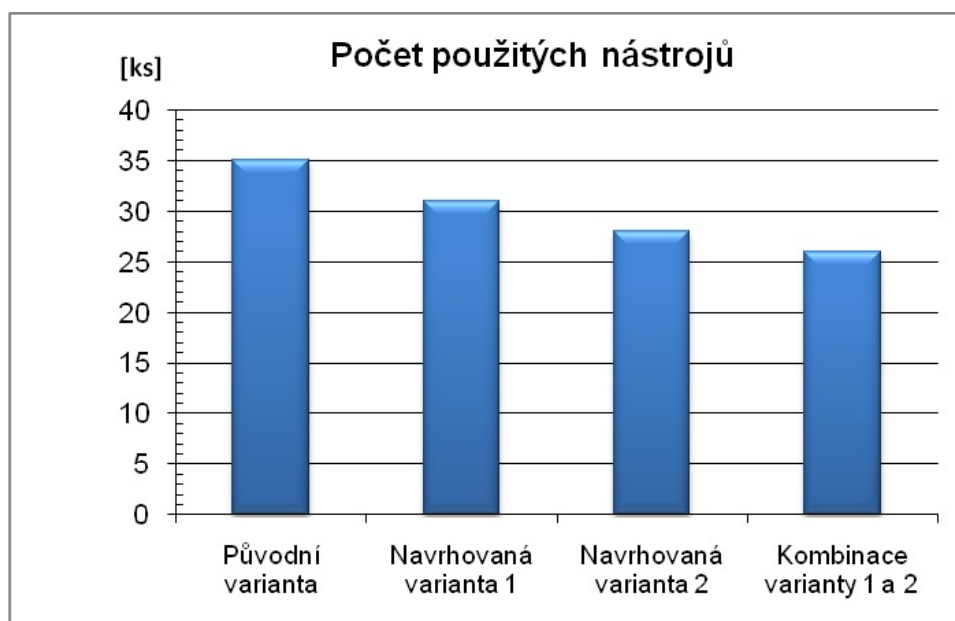
Při aplikaci výše vyčtených návrhů na zdokonalení obráběcího procesu součásti „víko“ dojde ke snížení počtu použitých nástrojů pro obrobení součásti

až na 26 položek oproti 35ti položkám, které byly navrženy v původní variantě. Vezmeme-li v úvahu variantu 1, která zahrnuje nástroje alternativní, jako běžné katalogové položky, celkový počet nástrojů klesne na 31 položek. Při volbě varianty 2, která uvažuje alternativní nástroje vesměs sdružené speciální, sníží se počet nástrojů na 28. Konečně při kombinaci obou uvedených variant celkový počet nástrojových položek bude činit 26 kusů, což je ve srovnání s původní variantou výrazný rozdíl, a to o 9 nástrojů na obrobení komponenty. Grafické znázornění zde uvedených dat je možno vidět na obr. 3.3.

Značně se tak sníží nároky na skladování a dojde k ušetření strojních časů těchto nástrojů, což bude mít relativně významný vliv na celkový čas potřebný pro obrobení jedné součásti. Tuto skutečnost ilustruje obrázek 3.2.

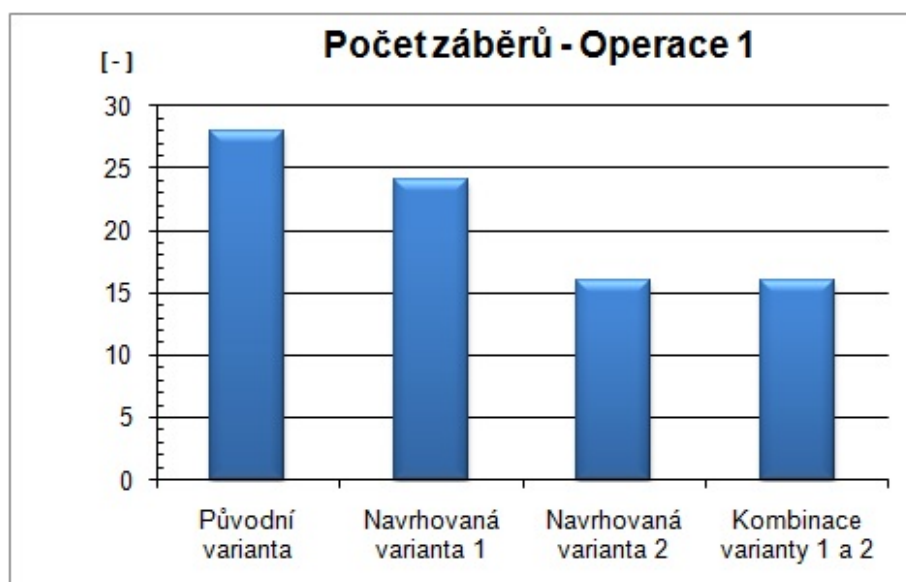


Obr. 3.2 Úspora času redukcí počtu nástrojů [15]

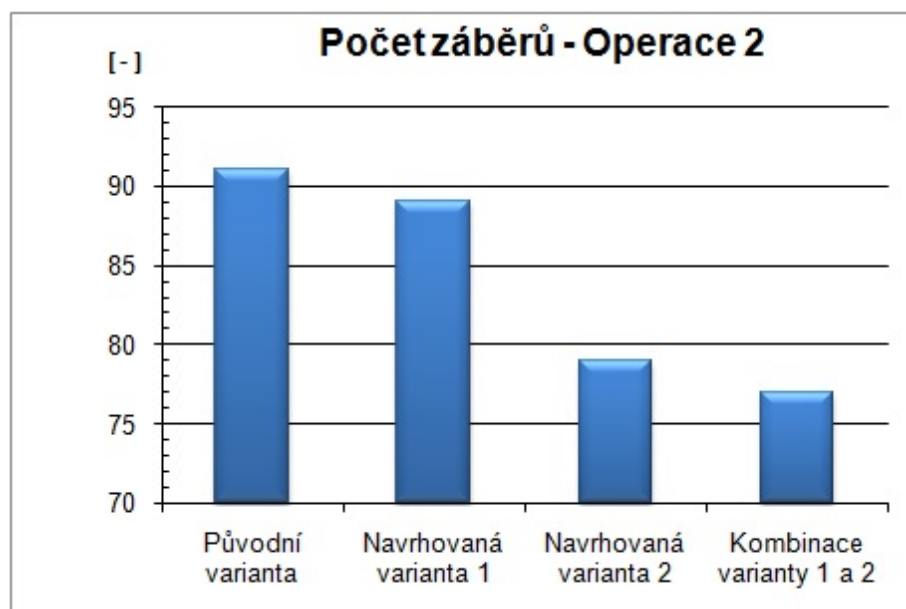


Obr. 3.3 Redukovaný počet nástrojů v navrhovaných variantách

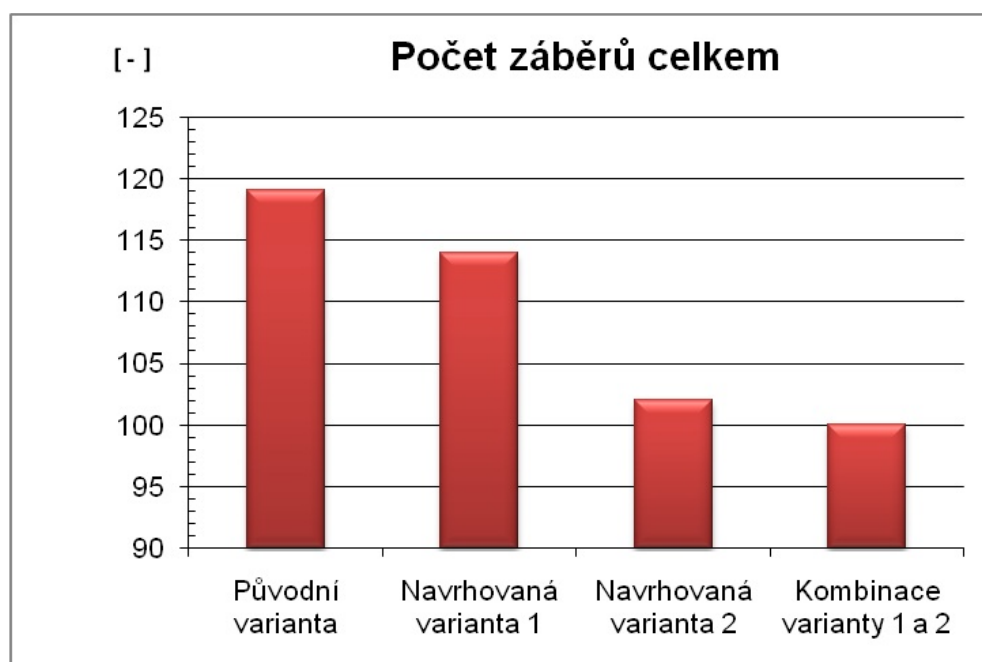
Náhradou původních nástrojů progresivnějšími alternativami dojde též ke značnému snížení množství záběrů v každé operaci, což opět souvisí se snížením výrobních časů a nákladů. Při aplikaci navrhovaných variant lze tento počet redukovat až o 26 záběrů, což jistě není zanedbatelné. Je nutno uvést, že mnohé z nově navržených nástrojů jsou výrazně progresivnější ve srovnání s nástroji původními a strojní časy, které budou ušetřeny redukováním počtem záběrů, se o to více zkrátí. Grafické znázornění viz obr. 3.4, 3.5 a 3.6.



Obr. 3.4 Redukovaný počet záběrů v navrhovaných variantách pro operaci 1



Obr. 3.5 Redukovaný počet záběrů v navrhovaných variantách pro operaci 2



Obr. 3.6 Redukovaný počet záběrů v navrhovaných variantách celkem

### 3.3 Návrh progresivních řezných nástrojů

Nové navrhované nástroje budou označeny způsobem značení firmy Zetor Tractors a.s. a číslo za písmenem T bude korespondovat s obráběným prvkem. Např. sdružený nástroj pro obrobení prvku 3 bude označen jako T003, nástroj pro prvek 12 bude označen T012 apod. Odkazy na jednotlivé prvky odpovídají prvkům, které byly popsány a zobrazeny v kapitole 1.3.2 Specifikace základních technologických prvků součásti na obr. 1.16.

Při návrhu progresivních řezných nástrojů budou pro každý nástroj, u kterého dojde k výraznějšímu zkrácení strojního času, uvedeny rozhodující faktory ovlivňující produktivitu obrábění, kterými jsou průměrné množství (objem) odebraného materiálu za jednotku času  $Q_{prum} [cm^3 \cdot min^{-1}]$  daným nástrojem, potřebný příkon stroje  $P_c [kW]$ , krouticí moment vznikající na vřetenu stroje  $M_c [Nm]$  a jednotkový strojní čas  $t_{as} [min]$ , který je potřebný pro obrobení daného prvku. Spočtený jednotkový strojní čas bude zahrnovat časy výměny nástroje, které dle technických parametrů stroje činí  $t = 5$  s „od řezu k řezu“. Dále budou uvedeny základní řezné podmínky doporučené výrobcem řezného nástroje. Výše zmíněné hodnoty budou spočteny podle následujících formulí z katalogu společnosti SECO TOOLS. Technické výkresy zde navržených nástrojů je možné nalézt v příloze č. 7.

Jednotné vzorce pro metody frézování, vrtání a vyvrtávání, ze kterých lze určit otáčky  $n [min^{-1}]$  nástroje a posuv na otáčku  $f_n [mm]$  podle výrobcem doporučených hodnot řezné rychlosti  $v_c [m \cdot min^{-1}]$  a posuvu nástroje na zub  $f_z [mm]$ , jsou následující [16]:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D_c} \quad (3.1)$$

$$f_n = f_z \cdot z \quad (3.2)$$

Kde:  $v_c$  ... řezná rychlost [m.min<sup>-1</sup>]  
 $D_c$  ... řezný průměr nástroje [mm]  
 $f_z$  ... posuv na zub [mm]  
 $z$  ... počet zubů nástroje [ - ]

### Frézování:

➤ Objem odebraného materiálu za jednotku času [18]:

$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{1000} \quad (3.3)$$

$$v_f = f_z \cdot n \cdot z \quad (3.4)$$

Kde:  $a_p$  ... hloubka řezu axiální [mm]  
 $a_e$  ... hloubka řezu radiální [mm]  
 $v_f$  ... posuvová rychlost [mm.min<sup>-1</sup>]  
 $f_z$  ... posuv na zub [mm]  
 $n$  ... otáčky nástroje [min<sup>-1</sup>]  
 $z$  ... počet zubů nástroje [ - ]

➤ Potřebný příkon stroje [18]:

$$P = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta} \cdot k_c \quad (3.5)$$

$$k_c = \frac{1 - 0,01 \cdot \gamma_0}{h_m^{mc}} \cdot k_{c1} \quad (3.6)$$

$$h_m = \frac{360 \cdot f_z \cdot a_e}{\pi \cdot D_c \cdot \omega_e} \cdot \sin \kappa \quad (3.7)$$

Kde:  $k_c$  ... měrná řezná síla [N.mm<sup>-2</sup>]  
 $\eta$  ... účinnost stroje (75 - 85) [%]  
 $\gamma_0$  ... ortogonální úhel čela [ ° ]

$\kappa$  ... úhel nastavení hlavního ostří [ ° ]  
 $\omega_e$  ... úhel záběru nástroje [ ° ]  
 $k_{c1}$  ... měrná řezná síla pro  $\gamma_0 = 0^\circ$  [N.mm<sup>-2</sup>]

➤ Krouticí moment na vřetenu [15]:

$$M_c = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 1000}{\pi \cdot n} \quad (3.8)$$

➤ Jednotkový strojní čas pro čelní asymetrické frézování [9]:

$$t_{as} = \frac{L}{v_f} \quad (3.9)$$

○ Čelní hrubé frézování asymetrické

$$L = l + l_n + l_p + \frac{D_c}{2} - l_{pf} \quad (3.10)$$

$$l_{pf} = \sqrt{\left(\frac{D_c}{2}\right)^2 - \left(\frac{B}{2} + e\right)^2} \quad (3.11)$$

○ Čelní frézování načisto asymetrické

$$L = l + l_n + l_p + D_c \quad (3.12)$$

Kde: L ... dráha nástroje ve směru posuvového pohybu [mm]  
 l ... délka frézované plochy [mm]  
 $l_n$  ... délka náběhu [mm]  
 $l_p$  ... délka přeběhu [mm]  
 $l_{pf}$  ... délka přeběhu [mm]  
 $D_c$  ... průměr nástroje [mm]  
 B ... šířka frézované plochy [mm]  
 e ... vyosení nástroje [mm]

Pozn.: Nominální hodnota  $k_{c1} = 1350$  [N.mm<sup>-2</sup>] je dle [18] pro velikost ortogonálního úhlu čela  $\gamma_0 = 0^\circ$ . Při každém zvětšení  $\gamma_0$  o jeden stupeň je potřeba snížit nominální hodnotu  $k_{c1}$  o 1%.

**Vrtání:**

- Objem odebíraného materiálu za jednotku času [16]:

$$Q = \frac{v_f \cdot A_T}{1000} \quad (3.13)$$

$$A_T = \frac{\pi \cdot D_c^2}{4}$$

$$v_f = f_n \cdot n$$

Kde:  $A_T$  ... plocha příčného průřezu otvoru [mm<sup>2</sup>]  
 $v_f$  ... rychlost posuvu [mm.min<sup>-1</sup>]  
 $v_c$  ... řezná rychlost [m.min<sup>-1</sup>]  
 $D_c$  ... řezný průměr nástroje [mm]  
 $f_n$  ... posuv za otáčku [mm]  
 $n$  ... otáčky nástroje [min<sup>-1</sup>]

- Potřebný příkon stroje [16]:

$$P = \frac{Q}{60 \cdot 10^3 \cdot \eta} \cdot k_c \cdot \sin \kappa \quad (3.14)$$

Kde:  $k_c$  ... měrná řezná síla [N.mm<sup>-2</sup>]  
 $\eta$  ... účinnost stroje (75 - 85) [%]  
 $\kappa$  ... úhel nastavení hlavního ostří [°]

- Krouticí moment na vřetenu [16]:

$$M_c = \frac{f_n \cdot k_c}{1000} \cdot \frac{D_c^2}{8} \cdot \sin \kappa \quad (3.15)$$

- Jednotkový strojní čas [9]:

$$t_{as} = \frac{L}{n \cdot f_n} \quad (3.16)$$

$$L = l_n + l + l_p \quad (3.17)$$

- Pro vrtáky s úhlem  $2\kappa_r = 118^\circ$  bude

$$l_p = 0,5D_c \cdot \operatorname{tg}31^\circ + (0,5a_{\text{ž}}) \approx 0,3D_c + (0,5a_{\text{ž}}) \quad (3.18)$$

$$l_n = (0,5a_{\text{ž}}) \quad (3.19)$$

### Vyvrátání:

- Objem odebraného materiálu za jednotku času [16]:

$$Q = v_c \cdot f_n \cdot a_p \quad (3.20)$$

Kde:  $a_p$  ... radiální hloubka řezu [mm]

- Potřebný příkon stroje [16]:

$$P = \frac{v_c \cdot f_n \cdot a_p \cdot k_c}{60 \cdot 10^3 \cdot \eta} \quad (3.21)$$

- Krouticí moment na vřetenu [16]:

$$M_c = \frac{P_c}{\omega} \quad (3.22)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

Kde:  $\omega$  ... úhlová rychlost [ $\text{rad} \cdot \text{sec}^{-1}$ ]

- Jednotkový strojní čas [9]:

$$t_{as} = \frac{L}{n \cdot f_n} \quad (3.23)$$

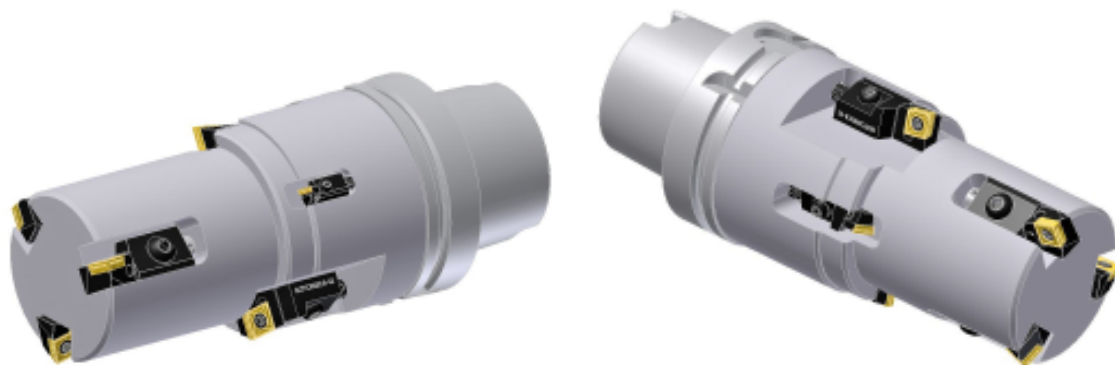
Pozn.: Měrná řezná síla  $k_c$  pro operace vrtání a vyvrátání je dle [16] pro materiálovou skupinu 14 (tvárná feritická litina) podle společnosti SECO  $k_c = 1900 \text{ [N} \cdot \text{mm}^{-2}\text{]}$ .

**Nástroj T001 hrubovací pro obrobení prvku 1 a prvku 2:**

Následující nástroj je z hlediska progresivního obrábění a ušetření strojních časů zásadní již díky skutečnosti, že dojde k ušetření tří nástrojů oproti původní variantě. Vyměnitelné břitové destičky z povlakovaného slinutého karbidu TK2000 umožňují vysoké řezné rychlosti a tím také maximální využití kapacit stroje. Díky mohutnosti nástroje lze předpokládat vysokou stabilitu řezného procesu při těchto vysokých řezných podmínkách.

Nástroj je koncipován způsobem, který je znázorněn na obr. 3.7. Obsahuje dva sdružené průměry a dvě VBD pro sražení hran.  $\text{ØD}=84,5$  mm slouží pro hrubování ložiskového otvoru v délce  $L=108,5$  mm a  $\text{ØD}=98$  mm poslouží k hrubování otvoru pro ložiskové těsnění. Oba průměry obsahují též jednu VBD pro sražení hrany jak na průměru menším, tak i průměru větším. Z důvodu maximálního využití časových možností je efektivní řezná délka nástroje rovna  $L=109$  mm a tedy zuby obou průměrů budou v poslední fázi obrábění prvků současně v záběru. Podle odborného posudku pracovníků společnosti SECO TOOLS CZ s.r.o. je u hrubovacího nástroje tohoto typu možné konfrontovat řezné podmínky na rozdílných průměrech při společném záběru.

Specifikaci zvolených VBD nástroje, doporučených řezných podmínek, zvolených řezných podmínek a základní ukazatele progresivnosti nástroje lze posoudit v tab. 3.4 – tab. 3.6. Technické výkresy nástrojů s určením základních rozměrů viz Příloha 7.



Obr. 3.7 Speciální sdružený nástroj T001

Tab. 3.4 Označení VBD a doporučené řezné podmínky [16]

VBD	Materiál	Počet	Doporučené řezné podmínky		
			$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm]	Max. $a_p$ [mm]
CCMT 120408 - F2	TK2000	3	80 - 200	0,15 - 0,4	5
CCMT 160408 - F2	TK2000	2	80 - 200	0,15 - 0,4	7
CCMT 09T308 - F2	TK2000	1	80 - 200	0,1 - 0,3	4
CCMT 060204 - F2	TK2000	1	80 - 200	0,05 - 0,25	2,5

Tab. 3.5 Zvolené řezné podmínky

Hrubování	Zvolené řezné podmínky				Dráha / Zuby nástr.	
	$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$n$ [min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm]	$v_f$ [mm.min <sup>-1</sup> ]	$L$ [mm]	$z$ [-]
ØD=84,5	155	585	0,35	613	108,5	3
ØD=98	180	585	0,35	405	17	2

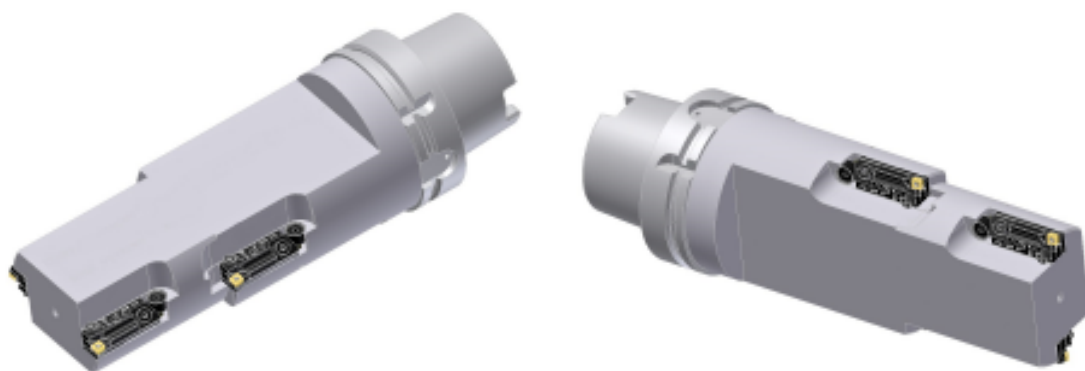
Tab. 3.6 Ukazatele progresivnosti obrábění

Hrubování	$Q_{prum}$ [cm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> ]	$P_{cmax}$ [kW]	$M_c$ [Nm]	$t_{as}$ [min]
Původní varianta	257,3	22,18	362,91	4,04
Navrhovaná varianta	755,34	26,28	429,15	0,3

Z tab. 3.6 je zřejmé, že nově navržený nástroj je významně progresivnější, než původní varianta a dojde k podstatnému ušetření strojních časů. Tento nástroj je o to výhodnější, uvážíme-li, že tyto prvky je třeba obrobit 2x a dojde tedy ke snížení strojního času  $t_{as}$  až o 8 min, což není zanedbatelné. Při zvolených řezných podmínkách jsou maximálně využity kapacity stroje, přičemž jsou respektována omezení výkonu stroje.

### **Nástroj T002 dokončovací pro obrobení prvku 1 a prvku 2:**

Nástroj T002 je určen pro dokončovací obrobení ložiskového otvoru a otvoru pro ložiskové těsnění jako doplněk nástroje T001. Použitím tohoto nástroje dojde k ušetření pouze jednoho nástroje oproti původní variantě. Koncepce nástroje je viditelná na obr. 3.8 a obsahuje dva sdužené průměry, kterými jsou  $\text{ØD}=85_{+0,130}^{+0,170}$  mm a  $\text{ØD}=100\text{H}8$ . Progresivnost oproti původní variantě není výrazná díky omezeným možnostem řezných podmínek z důvodu dodržení požadované jakosti povrchu. Dle [16] lze oproti původní variantě zvýšit při rádiu zaoblení špičky VBD  $r_\varepsilon = 0,4$  mm posuv na otáčku na hodnotu  $f_n = 0,14$  mm pro dodržení  $R_a = 2,5$   $\mu\text{m}$  a konečně  $f_n = 0,16$  mm pro dodržení  $R_a = 3,2$   $\mu\text{m}$ .



Obr. 3.8 Speciální sdužený nástroj T002

Tab. 3.7 Označení VBD a doporučené řezné podmínky [16]

VBD	Materiál	Počet	Doporučené řezné podmínky		
			$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm]	Max. $a_p$ [mm]
CCMT 060204 - F1	26G6	2	60 - 160	0,03 - 0,15	0,01 - 0,3
CPGT 050204	25C4	2	80 - 150	0,03 - 0,16	2

Tab. 3.8 Zvolené řezné podmínky

Dokončování	Zvolené řezné podmínky				Dráha / Zuby nástroje	
	$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$n$ [min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm]	$v_f$ [mm.min <sup>-1</sup> ]	L [mm]	z [-]
ØD=85+	155	580	0,07	81,26	87,5	2
ØD=100H8	155	494	0,08	78,94	17	2

Tab. 3.9 Ukazatele progresivnosti obrábění

Dokončování	$Q_{prum}$ [cm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> ]	$P_{cmax}$ [kW]	$M_c$ [Nm]	$t_{as}$ [min]
Původní varianta	9,31	0,83	16,6	2,11
Navrhovaná varianta	15,12	1,2	23,27	1,55

### **Nástroj T003 pro obrobení prvku 3:**

Běžný katalogový nástroj společnosti SECO TOOLS určený k hrubému i k dokončovacím frézování. Jedná se o čelní frézu typu R220.48 o ØD=125 mm s počtem zubů Z=15. Vyměnitelná břitová destička je osmiboká a skýtá celkem 16 řezných hran. Slinutý karbid destičky je povlakovaný tzv. DURATOMIC povlakem (Ti (C, N) + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), který zajišťuje několikanásobnou životnost oproti běžným povlakům. Délka řezné hrany činí L=9 mm, jak je možné vyčíst z označení destičky v tab. 3.10. Oproti původní variantě lze s tímto nástrojem zvolit výrazně progresivnější řezné podmínky při bezproblémovém dodržení předepsané drsnosti povrchu, ovšem je nutno počítat s nepřekročením maximálních kapacit stroje.



Obr. 3.9 Čelní fréza R220.48 Double Octomill (T003) [17]

Tab. 3.10 Označení VBD a doporučené řezné podmínky [18]

VBD	Materiál	Počet	Doporučené řezné podmínky		
			$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm]	Max. $a_p$ [mm]
ONMF 090520 ANTN - MD16	MK1500	15	-	0,1 - 0,3	6

Tab. 3.11 Zvolené řezné podmínky

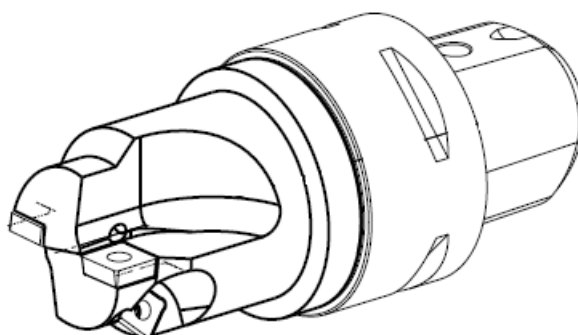
Frézování základny	Zvolené řezné podmínky				Dráha / Zuby nástroje	
	$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$n$ [min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm]	$v_f$ [mm.min <sup>-1</sup> ]	L [mm]	z [-]
Hrubování	420	1000	0,3	4511,73	1979	15
Dokončování	400	1000	0,3	4540,36	2060	15

Tab. 3.12 Ukazatele progresivnosti obrábění

Frézování základny	$Q_{prum}$ [cm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> ]	$P_{cmax}$ [kW]	$M_c$ [Nm]	$t_{as}$ [min]
Původní varianta	71,1	3,86	92,31	3,33
Navrhovaná varianta	217,92	21,02	200,24	0,89

### **Nástroj T008 pro obrobení prvku 8:**

Tento nástroj byl navržen, resp. doporučen pro docílení stabilního procesu obrobení prvku 8. Jak bylo uvedeno výše, v současné době je využíván nástroj pro hrubé vyvrtání pouze s jednou VBD na sražení hrany, což má za následek při velmi dlouhém vyložení nástroje jeho odtlačování z oblasti řezu vlivem nerovnoměrného radiálního zatížení nástroje a tím vznik vibrací a nebezpečí vylomení břitu nástroje. Doporučen je souměrný nástroj, který bude opatřen dvěma VBD pro sražení hrany prvku. Z hlediska produktivity se nový souměrný nástroj nebude od původní varianty zásadně lišit, tudíž nebudou uvedeny tabelované hodnoty, jak je tomu v případech výše. Koncepti nového doporučeného nástroje lze vidět na obr. 3.10.

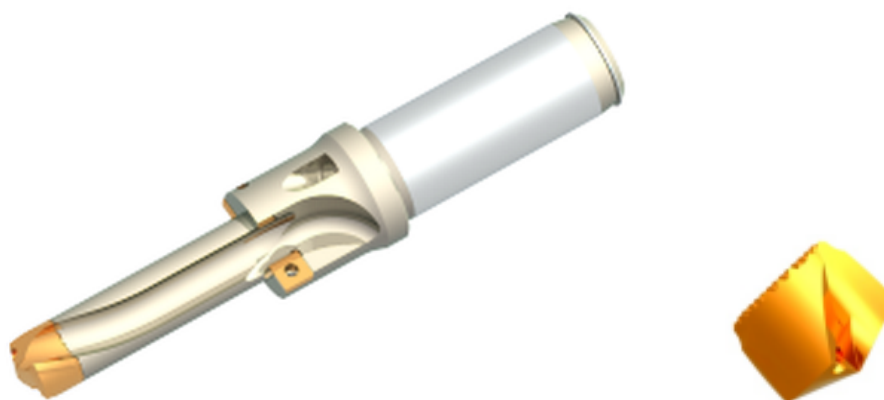


Obr. 3.10 Speciální nástroj T008

**Nástroj T012 pro obrobení prvku 12:**

Speciální nástroj určený k vrtání děr o  $\text{ØD}=13,5$  mm se zahloubením na  $\text{ØD}=30$  mm v délce zahloubení  $L=4$  mm pro vzájemné spojení víka hydrauliky s rozvodovou skříní. Při použití zde uvedeného nástroje dojde k ušetření dalších dvou nástrojů, které jsou nutné pro obrobení tohoto prvku v původní variantě.

Nástroj je složen z vrtací části s vyměnitelnou korunkou Crownloc s vrcholovým úhlem  $2\kappa=118^\circ$ . Korunka je vyrobena ze slinutého karbidu s povlakováním TiAlN+TiN pro obrábění litiny. Druhá část nástroje je určena k zahloubení vrtané díry na  $\text{ØD}=30$  mm a je osazena VBD z povlakovaného slinutého karbidu typu T2000D. Vzhledem k rozdílné délce vrtaných děr ( $L_1=72$  mm,  $L_2=52$  mm) je třeba, aby při vrtání děr o kratší délce nástroj přijel k úkonu zahlubování zrychleným posuvem. Progresivita tohoto nástroje je zřejmá z tab. 3.15.



Obr. 3.11 Speciální nástroj T012 [17]

Tab. 3.13 Označení VBD a doporučené řezné podmínky [16]

Korunka Crownloc / VBD	Materiál	Počet	Doporučené řezné podmínky		
			$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm]	Max. $a_p$ [mm]
SD100-A1-13,5-1685200-K	Povlak TiAlN+TiN	1	80	0,15	-
SCGX 09T308 - P2	T2000D	2	150 - 200	0,11	8

Tab. 3.14 Zvolené řezné podmínky

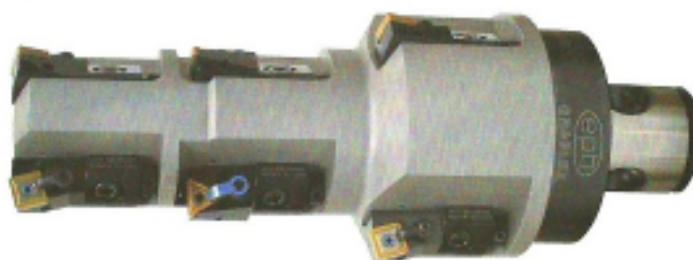
Vrtání / Zahloubení	Zvolené řezné podmínky				Dráha / Zuby nástroje	
	$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$n$ [min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm]	$v_f$ [mm.min <sup>-1</sup> ]	$L$ [mm]	$z$ [-]
Vrtání $\text{ØD}=13,5$	80	1900	0,15	566	718	2
Zahloubení $\text{ØD}=30$	180	1900	0,11	400	44	2

Tab. 3.15 Ukazatele progresivnosti obrábění

Vrtání / Zahloubení	$Q_{\text{prum}}$ [ $\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ]	$P_{\text{cmax}}$ [kW]	$M_c$ [Nm]	$t_{\text{as}}$ [min]
Původní varianta	70,15	11,52	136,13 (14,7)	3,51
Navrhovaná varianta	157,95	16,27	81,36	1,37

### Nástroj T013 pro obrobení prvku 13:

Tento nástroj byl v kapitole 3.2 uvažován pro obrobení prvku 13. Skladba nástroje by byla koncipována tak, jak je možno vidět na obr. 3.12. Nástroj by obsahoval dva vyvrtávací průměry, přičemž menší z průměrů by posloužil k progresivnímu hrubovacím vyvrtání díry a průměr větší by posloužil k dokončovacím vyvrtání díry na  $\text{ØD}=38,4$  mm. Dalším prvkem na nástroji by byl VBD pro sražení hrany prvku.



Obr. 3.12 Speciální vyvrtávací nástroj T013 [16]

Tato varianta byla v kooperaci s odborníky společnosti SECO TOOLS zavržena z následujících důvodů:

Délková nesouměrnost vyvrtávané díry by zapříčinila, že v určité vrtané vzdálenosti ( $L=45$  mm) by zuby nástroje byly nerovnoměrně radiálně zatíženy. Axiální složka síly působící na nástroj by byla doplněna nerovnoměrnou radiální složkou síly. Tato skutečnost zapříčiní rozvibrování nástroje i přes jeho vyšší tuhost a následně poté dojde k destrukci VBD na nástroji. Z hlediska sériovosti výroby je tedy takovýto nástroj nepřijatelný. Stejný problém neumožňuje ani použití vyvrtávací tyče namísto čelní válčové frézy, jak bylo uvažováno v navrhované variantě 1.

Další úvaha obrobení prvku spočívala ve využití stávající čelní válčové frézy T1416, kterou by byla díra předfrézována kruhovou interpolací v délce  $L=32$  mm na daný průměr ( $\text{ØD}=38,4$  mm) z vnitřní strany tak, aby došlo k zarovnání díry na jednotnou délku. Následně by k vyvrtání díry a sražení hrany z vnější strany byl použit speciální sdružený nástroj dle výše zobrazené koncepce. Tato myšlenka byla též zavržena, a to z důvodu příliš dlouhého uložení frézy T1416 při současném způsobu upnutí součásti ve stroji.

Vyřešení problému obrobení prvku 13 progresivním způsobem by bylo možné pouze při změně geometrie polotovaru, což je relativně nákladná možnost.

Pozn.: Z výše uvedených příčin jsme nuceni zachovat obrobení prvku způsobem, který byl navržen v původní variantě.

### **Nástroj T016 pro obrobení prvku 16:**

Poslední ze skupiny nástrojů, které byly řešeny v kapitole 3.2.1 je vrták o  $\text{ØD}=11,7$  mm ze slinutého karbidu s povlakováním TiAlN+TiN, který umožňuje vysoké řezné rychlosti. Nadstandardem tohoto nástroje je zvětšený průměr pro sražení hrany vrtané díry pro centrační kolíky. Tento břit srazí hranu na rozměr  $1 \times 45^\circ$  při vrtané hloubce díry  $L=14$  mm. Použitím tohoto nástroje lze oproti původní variantě vyřadit nástroj T1324, který sloužil k navrtání díry a sražení hrany, čímž lze ušetřit především časy pojezdů tohoto nástroje. Zkrácení strojních časů je ve srovnání s původní variantou poměrně nepodstatné a to především z důvodu velmi krátkých vrtaných délek. Hodnoty v tabulkách níže slouží spíše jako zajímavost. Díky krátké délce nástroje lze předpokládat dostatečnou tuhost vrtáku a také tedy dodržení předepisovaných tolerancí.



Obr. 3.13 Speciální nástroj – vrtání (T016) [17]

Tab. 3.16 Označení VBD a doporučené řezné podmínky [16]

Vrták perfomax (monolit)	Materiál	Počet	Doporučené řezné podmínky		
			$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm]	Max. $a_p$ [mm]
SD203A-C45-11,7	Povlak TiAlN+TiN	1	120	0,16	-

Tab. 3.17 Zvolené řezné podmínky

Vrtání	Zvolené řezné podmínky				Dráha / Zuby nástroje	
	$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$n$ [min <sup>-1</sup> ]	$f_z$ [mm]	$v_f$ [mm.min <sup>-1</sup> ]	$L$ [mm]	$z$ [-]
Vrtání $\text{ØD}=11,7$	120	3265	0,18	1175	28	2

Tab. 3.18 Ukazatele progresivnosti obrábění

Vrtání	$Q_{\text{prum}} [\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}]$	$P_{\text{cmax}} [\text{kW}]$	$M_c [\text{Nm}]$	$t_{\text{as}} [\text{min}]$
Původní varianta	39,96	5,5	16,51	0,17
Navrhovaná varianta	126,36	5,14	12,03	0,013

Pozn.: Výše uvedené progresivní speciální řezné nástroje byly řešeny a odsouhlaseny ve spolupráci s odbornými pracovníky společnosti SECO. Technické výkresy jednotlivých nástrojů viz příloha 7.

Pozn.: Kompletní sestava nástroje pro založení do vřetene je tvořena z řezné části, redukce a základního držáku, který svojí upínací částí odpovídá upnutí nástroje pro HSK-A 100 DIN 69893 ve vřetenu stroje HEC 800.

Tab. 3.19 Ceny navrhovaných nástrojů v závislosti na počtu odebraných kusů

Nástroj	Ceny těles nástrojů [Kč/ks]		
	1 ks	2 ks	3 ks
T001	130 000	115 000	100 000
T002	85 000	80 000	75 000
T003	-	20 000	20 000
T008	45 000	40 000	35 000
T012	-	17 000	15 000
T016	-	5 000	4 500

Ceny jednotlivých navrhovaných nástrojů jsou uvedeny v tab. 3.19. Jejich výše se odvíjí od počtu zakoupených kusů, přičemž s větším počtem odebraných kusů se cena snižuje a naopak. Ke každému tělesu nástroje s lůžky pro VBD je nutno tyto VBD doobjednat. Sleva na nástroje od společnosti SECO TOOLS CZ s.r.o., která byla uvedena v kap. 2.1, se nevztahuje na speciální položky. Uplatnit tuto slevu lze tedy pouze u nástroje T003.

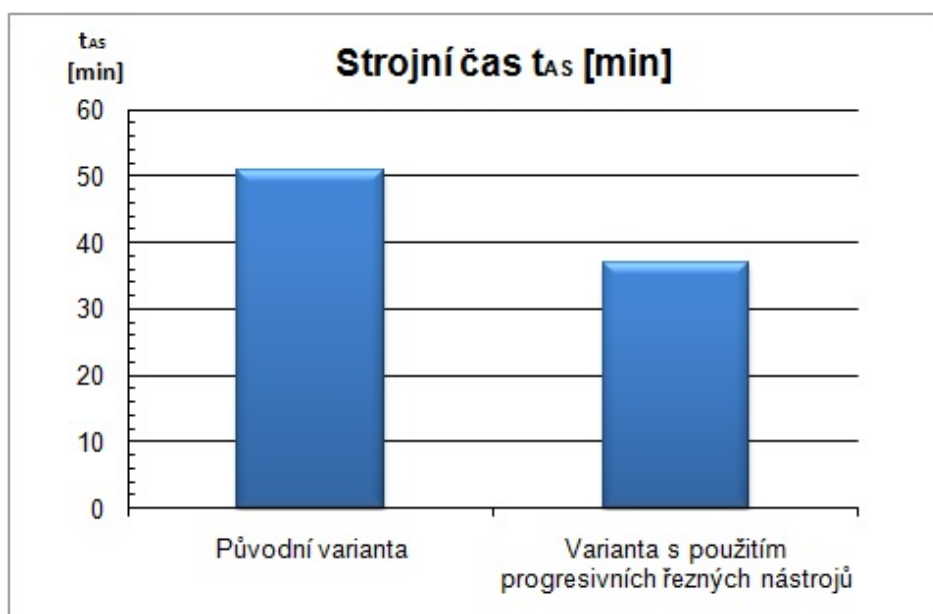
### 3.3.1 Porovnání stávajícího stavu se stavem navrhovaným

Z hodnot ukazatelů produktivnosti obrábění, které byly spočteny v předchozí kapitole, je zřejmé, že navržené nástroje jsou z hlediska množství odebíraného materiálu za jednotku času a strojních časů výrazně produktivnější, než nástroje volené pro variantu původní. Tyto spočtené hodnoty respektují omezení daná obráběcím strojem a omezení daná výrobcem řezných nástrojů.

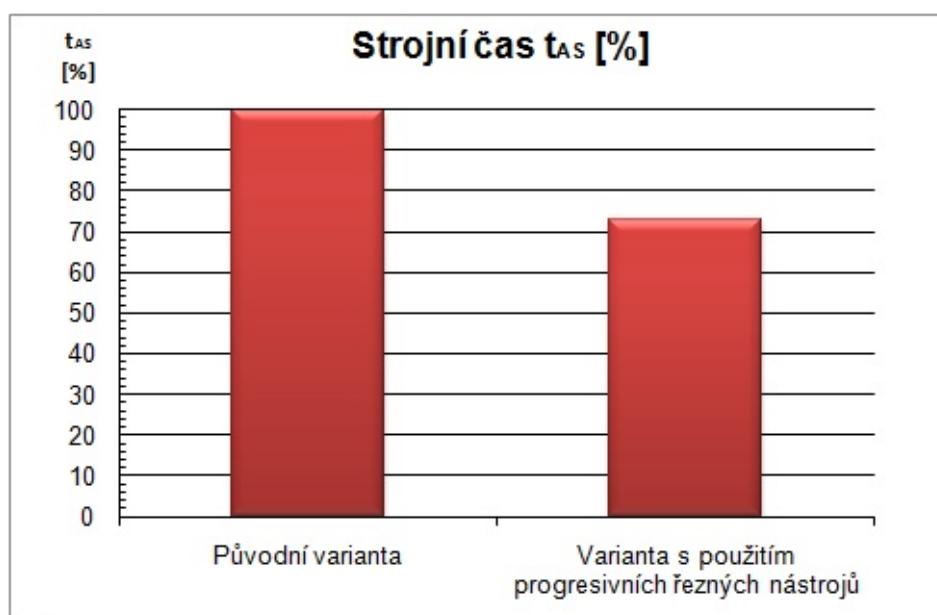
Rozhodujícím ukazatelem je zde strojní čas potřebný pro obrobení daných prvků. Při použití nově navržených nástrojů, viz předchozí podkapitola, bude dosaženo snížení celkového strojního času  $t_{\text{AS}}$  z původních 51 min na pouhých 37 min, jak je znázorněno na obr. 3.14. Tento fakt odpovídá procentnímu zredukování strojního času o 27%, viz obr. 3.15. Při uvážení sériovosti výroby součásti v předpokládaném několikaletém horizontu, je zřejmé, že takováto

redukce času, který je potřebný k obrobení jedné součásti se markantně promítne do nákladů spojených s výrobou komponenty. Tato otázka bude řešena v kapitolách níže.

Pozn.: Hodnota  $Q_{\text{prum}}$  vyjadřuje průměrnou produktivitu obrobení řešeného prvku danými nástroji ve variantě původní a variantě nově navržené. Kupříkladu pro obrobení prvku 1 a 2 bylo použito v původním řešení 7 nástrojů, přičemž jejich průměrná hodnota odebrání objemu materiálu činila  $Q_{\text{prum}} = 257 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$  a naproti tomu v nově navržené variantě byly použity pouze dva nástroje, jejichž  $Q_{\text{prum}} = 755 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ .



Obr. 3.14 Redukce  $t_{AS}$  s použitím progresivních řezných nástrojů



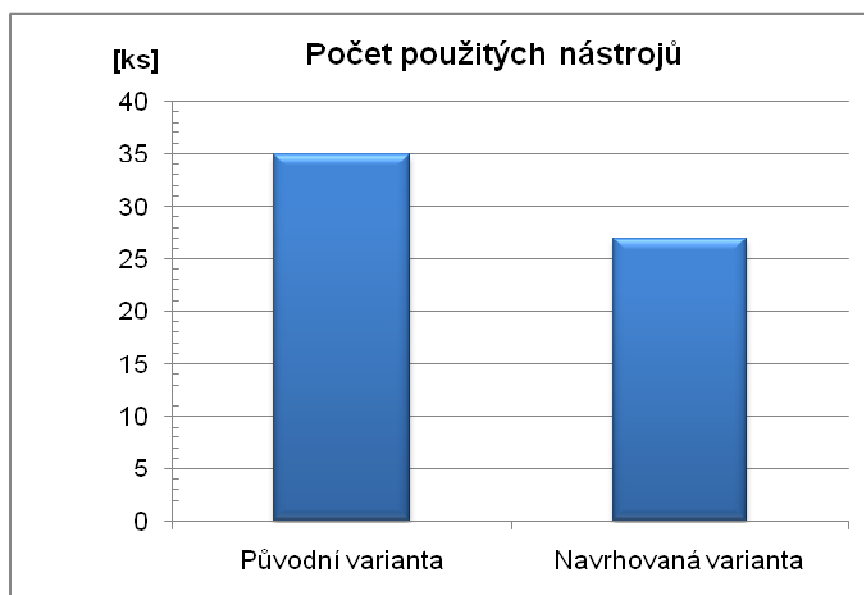
Obr. 3.15 Redukce  $t_{AS}$  s použitím progresivních řezných nástrojů

### 3.4 Výběr nejvhodnější varianty, případně kombinace variant

Při řešení návrhu progresivních řezných nástrojů bylo zjištěno, že jedinou navrhovanou variantou, kterou nelze při obrábění součásti aplikovat je varianta, která se zabývala obráběním prvku 13. Podrobný rozbor této varianty ukázal, že díky délkové nesouměrnosti prvku není možné použít žádný z navrhovaných progresivních nástrojů a je tudíž nutností setrvat u řešení, které bylo navrženo v původní variantě, tedy obrobení prvku čelní válcovou frézou frézováním ve šroubovici na požadovaný průměr a dále použití fréz pro sražení hrany a frézování závitu. Tento problém byl objasněn v kapitole 3.3.

Ostatní navrhovaná řešení zůstala nedotčena a je proto možné je aplikovat v dalších úvahách této práce. Konečný stav tedy obsahuje všechny výše uvedené varianty vyjma varianty obrobení prvku 13.

Při kombinaci daných řešení dojde oproti původní variantě ke snížení počtu použitých nástrojů o 8 položek, jak dokumentuje obr. 3.16.



Obr. 3.16 Počet použitých nástrojů celkem

Obr. 3.17 znázorňuje množství záběrů, které bylo zapotřebí při použití nástrojů v původní variantě a naproti tomu lze vidět redukovaný počet záběrů při variantě nové. Časy automatického chodu stroje s navrženy progresivními řeznými nástroji byly graficky znázorněny v kapitole 3.3.1, viz obr. 3.14 a obr. 3.15.

Pozn.: Při výběru nejlepšího návrhu obrobení součásti byly voleny především varianty nejvíce progresivní. Tato řešení byla konzultována a odsouhlasena odbornými pracovníky společnosti SECO jako nejlepší možná realizovatelná řešení. Nebylo by tedy racionální volit varianty méně progresivní.



Obr. 3.17 Redukovaný počet záběrů navržené varianty

### 3.5 Vylepšení NC programu z hlediska posloupnosti a zkrácení pojezdů nástroje

První část podkapitoly bude popisovat možné ušetření strojních časů vlivem redukce pojezdů nástrojů.

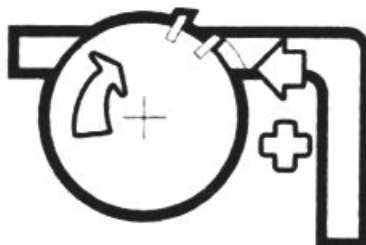
Druhá část této podkapitoly bude následně věnována zefektivnění posloupnosti NC programu. Tímto lze eliminovat kupříkladu zbytečné přeupínání nástrojů či snížení počtu úkonů a tím snížit časy potřebné pro obrobění komponenty. V textu níže a v návrhu posloupnosti programu budou uvažovány pouze nástroje, které byly zmíněny v kapitole 3.4 v kombinaci varianty 1 a varianty 2. Toto omezení je nutné z důvodu přílišné obsáhlosti textu, byly-li by brány v potaz též zbylé, méně progresivní, navrhované varianty. Posloupnost původní varianty NC programu lze nalézt v příloze č. 5. Navržená posloupnost NC programu následně poslouží k vytvoření výrobního postupu pro řešenou součást a NC programu.

#### 3.5.1 Zkrácení pojezdu nástroje

Jednou z možností, kde lze ušetřit cenné vteřiny strojních časů jsou pojezdy nástrojů. V případě zde řešené součásti bude tato úspora minimální vzhledem k celkové době obrábění. Tuto problematiku lze řešit kupříkladu matematickými metodami a to metodou obchodního cestujícího či jinými. Tyto metody jsou ovšem velmi náročné a vymykají se rozsahu zde řešené problematiky. Proto budou pojezdy nástrojů pouze informativně zobrazeny pro lepší představu u vybraných nástrojů.

Zkrácení dráhy, kterou musí nástroj urazit, aby byl prvek obroběn, lze např. u nástroje T003 (čelní fréza) provést excentrickým vyosením nástroje od obráběného prvku (prvek 3 - základna). Takovéto vyosení bude mít navíc

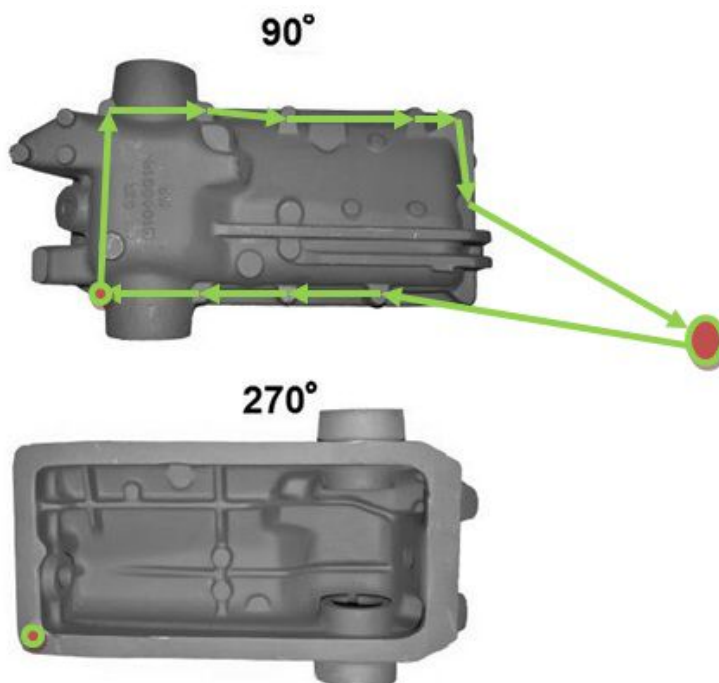
příznivý vliv na nástroj, protože v případě jemnozubé frézy se dostane více zubů do záběru a nehrozí případné zahlcení zubových mezer, jak by tomu bylo v případě symetrického frézování prvku. Při vyosení frézy je třeba brát na zřetel efektivní řezný průměr frézy v případě úhlu nastavení hlavního ostří menším, než  $90^\circ$ , aby nedošlo k částečnému neobrobení prvku.



Obr. 3.18 Excentrické vyosení čelní frézy T003 [12]

V případě nástrojů, které obrábí určitý úsek operace (jedna nebo více ploch stejnými řeznými podmínkami), je možné zkrátit pojezdy nástroje způsobem, který je vyobrazen na obr. 3.19. Jedná se zejména o nástroje T012 (obr. 3.19), T206 či nástroj T1416.

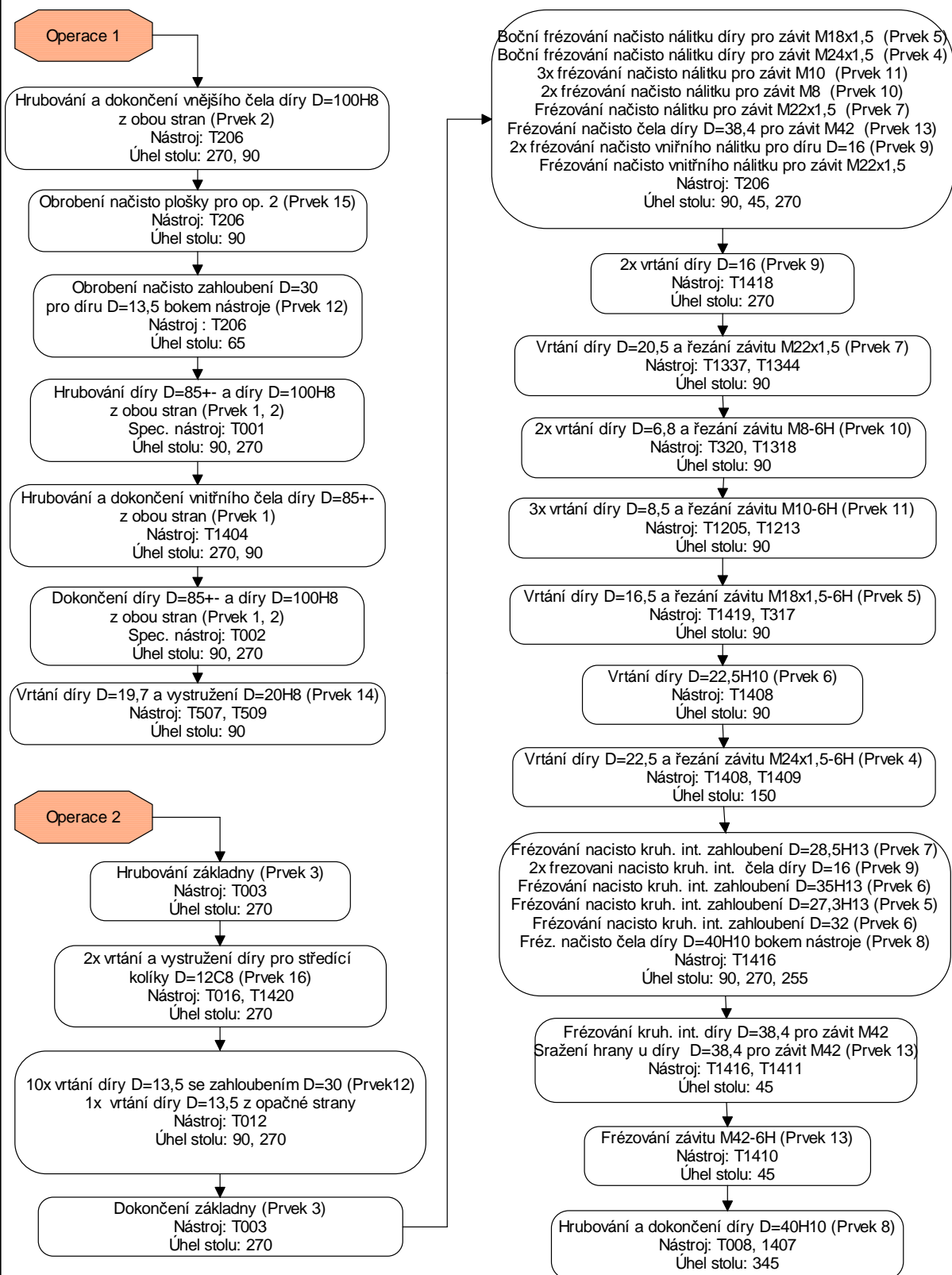
Obrázek níže popisuje dráhu nástroje T012 od počáteční výměny nástroje. Bod v levém dolním rohu součásti popisuje nutnost obrobení jedné díry  $\text{ØD}=13,5$  mm ze strany opačné, z důvodu překážejícího přípravku pro upnutí součásti a tedy nemožnosti obrobít tento prvek při nastavení úhlu stolu vůči vřetenu  $90^\circ$ .



Obr. 3.19 Možné zkrácení pojezdu nástroje

### 3.5.2 Posloupnost NC programu navrhované varianty

Pozn.: Údaj **Úhel stolu** vyjadřuje polohu stolu stroje vůči vřetenu ve stupních



## 4 TECHNOLOGICKÁ DOKUMENTACE

Při řešení problematiky technologické dokumentace bude věnována pozornost zejména výrobnímu (technologickému) postupu výroby komponenty, návodkám a NC programu. Výrobní postup bude dále doplněn o seznam použitého rezného nářadí. Měřidla budou řešena v TPV mimo rámec této diplomové práce. Jednotlivé kompletní dokumenty lze nalézt v příloze č. 8 - 11.

### 4.1 Výrobní postup

Je závazným dokumentem, který určuje pořadí a počet operací, úkonů, které mají být na obráběném objektu vykonány v určené časové posloupnosti. Výrobní postup musí dle [6] bezpodmínečně splnit předepsanou jakost výrobku, nejkratší průběžnou dobu výroby a nejnižší výrobní náklady na zhotovení výrobku. Ve výrobním postupu bude kromě výrobních podmínek, nástrojů, času automatického chodu stroje, zvoleného stroje a popisu práce v operaci uvedena též norma času  $t_{AC}$  [min], a normominuty  $N_{min}$ , které jsou určeny podle interních směrnic společnosti Zetor Tractors a.s. a zahrnují jak normu času  $t_{AC}$ , tak i normu času  $t_{BC}$ .

Výrobní postup se obecně skládá z postupu technologického, který zahrnuje činnosti strojů a zařízení, které jsou potřebné pro kompletní zhotovení výrobku a postup pracovní, který uvažuje činnosti dělníků potřebné k obsluze strojů, upínání obrobků, kontrole apod.

#### Výrobní podmínky:

- Otáčky nástroje:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D_c} \quad (4.1)$$

- Posuv na otáčku s omezující podmínkou drsnosti povrchu  $R_a$  [19]:

$$f_n \leq \left( \frac{R_a \cdot r_\epsilon}{32,5} \right)^{0,5} \quad (4.2)$$

Kde:  $R_a$  ... předepsaná drsnost povrchu obrobené plochy [ $\mu\text{m}$ ]  
 $r_\epsilon$  ... poloměr špičky nástroje [mm]

- Jednotkový strojní čas (čas automatického chodu stroje) [9]:

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} \quad (4.3)$$

Kde:  $L$  ... dráha vykonaná nástrojem při obrábění prvku [mm]

Pozn.: při frézování kruhové kapsy (zahloubení) kruhovou interpolací či při frézování ve šroubovici se dráha nástroje skládá ze složky lineární a složky kruhové. Je také nutné započítat dráhy náběhu a přeběhu nástroje.

$$L_c = L_{lin.} + L_{kruh.} \quad (4.4)$$

➤ Norma jednotkového a dávkového času s podílem času směnového [6]:

$$t_{AC} = k_c \cdot t_A \quad (4.5)$$

Kde:  $t_{AC}$  ... norma jednotkového času s podílem času směnového [min]  
 $t_A$  ... jednotkový čas [min]  
 $k_c$  ... přírážka času směnového [ - ]

Pozn.: Podle interních směrnic firmy Zetor Tractors a.s. je hodnota pro obráběcí centrum StarragHeckert HEC800 pro danou součást  $k_c = 1,05$ .

Pozn.: Teoretické hodnoty strojních časů budou spočteny pouze pro operaci 1. V případě operace 2 se teoretické výpočty značně liší z důvodu velkého množství úseků operace, kde vystupují prostoje nástrojů za účelem proplachu obrobených prvků apod. Je tedy nutné strojní časy operace 2 nikoli určit výpočtem, ale přesným měřením.

## 4.2 Návodky

Pro dodržení požadavku řešení práce na úrovni firemní technické přípravy výroby společnosti Zetor Tractors a.s. budou návodky vycházet z firemních formulářů, ve kterých je zachyceno navrhované řešení viz obr. 4.1.

VUT FSI ÚST BRNO	NÁVODKA	Název součásti VÍKO HYDRAULIKY	Císlo součásti 19.400.001	Č. operace pořadové 0100 orientační 0100																													
<p><b>PRINCIP UPNUTÍ 1. POLOHY:</b></p>  <p><b>POLOHA 1</b> <span style="float: right;">List 1/2</span></p> <p><u>Součást upnuta za základnu-přirubu, opracování ze 2 stran</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ražení identifikačního čísla součásti</li> <li>2. Očistit dosedací plochy pro op 0100/0100</li> <li>3. Upnout surový odlitek</li> <li>4. Obrábět strany 90° a 270° (dle NC programu)</li> <li>5. Po obrobení očistit a brouskem odstranit otřepy na dosedacích plochách pro op 0200/0200</li> </ol> <p>Pozn.: Pro op. 0100/0100 použít závěsný hák LS117149</p>																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Sled</th> <th colspan="2">Popis práce:</th> </tr> <tr> <th>Číslo PZ</th> <th>Dříve</th> <th>Nyní</th> <th>Datum</th> <th>Upnuto kusů</th> <th>Obsluhuje strojů</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vyhotovil</td> <td colspan="2">Změny</td> <td></td> <td>Název stroje</td> <td>HEC800</td> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td>Petr KAVAN</td> <td></td> <td></td> <td>Interní třídicí číslo</td> <td>4830</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5.5.2011</td> <td></td> <td></td> <td>Dílna</td> <td>Obrobna</td> </tr> </tbody> </table>					Sled			Popis práce:		Číslo PZ	Dříve	Nyní	Datum	Upnuto kusů	Obsluhuje strojů	Vyhotovil	Změny			Název stroje	HEC800	Datum	Petr KAVAN			Interní třídicí číslo	4830		5.5.2011			Dílna	Obrobna
Sled			Popis práce:																														
Číslo PZ	Dříve	Nyní	Datum	Upnuto kusů	Obsluhuje strojů																												
Vyhotovil	Změny			Název stroje	HEC800																												
Datum	Petr KAVAN			Interní třídicí číslo	4830																												
	5.5.2011			Dílna	Obrobna																												

Obr. 4.1 Názorný příklad návodky pro operaci 1

V otázce kontrolních návodek bude vypracování omezeno pouze na prvky, které jsou obráběny zde navrhovanými progresivními nástroji. V příloze bude kontrolní návodka uvedena pouze informativně.

## 4.3 NC program

Popis NC programu bude proveden informativně pro operaci 1. Zmíněna bude volba referenčního bodu a nulových bodů a dále budou informativně uvedeny skladby úseků programu pro nástroje, které byly navrženy jako nová varianta. NC program je sestaven pro řídicí program Sinumerik 840D jehož konzoli lze vidět na obr. 4.2. Operace 2 nebude z důvodu její obsáhlosti a složitosti uvedena v textu níže. Program bude za účelem zjednodušení řešen pouze pro navržené progresivní nástroje. Zbylé úseky programu, které byly zachovány podle původní varianty, budou vypuštěny. NC program lze nalézt v příloze č. 11.



Obr. 4.2 Řídicí systém Sinumerik 840D [24]

**Referenční bod:**

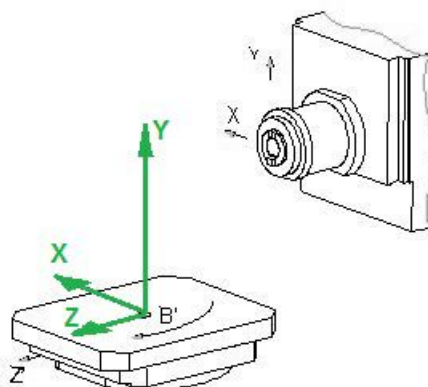
Je určen v počátku souřadného systému stroje, aktivací referenčního bodu stroje dojde ke sjednocení jeho mechanické a výpočetní části, bez čehož by stroj nemohl pracovat v automatickém režimu. Souřadnicemi jsou:

X0 = osa palety

Y0 = horní plocha palety

Z0 = osa palety

B0 = 0°



Obr. 4.3 Souřadnicový systém stroje – nulový bod stroje [2]

**Nulové body obrobku:**

Jedná se o volbu přímých vztažných bodů na obrobku. „Tento vztažný bod je osově paralelní přesunutí nulového bodu stroje a tvoří počátek souřadnicového systému obrobku (X, Y, Z, B)“. [2]

➤ **Nulový bod G55**

X0 = osa ložiskového otvoru (prvek 1)

Y0 = osa ložiskového otvoru (prvek 1)

Z0 = osa centrač. kolíku ØD=12C8 vzdálenějšího od ložisek (prvek 16)

B0 = 90°

Příkaz pro přesunutí souřadnic nulového bodu stroje do polohy nulového bodu obrobku je následující:

**\$P\_UIFR[2]=CTTRANS(X,167.9,Y,290,Z,-67.8,B,90)**

➤ **Nulový bod G57**

X0 = osa ložiskového otvoru (prvek 1)

Y0 = osa ložiskového otvoru (prvek 1)

Z0 = osa centrač. kolíku ØD=12C8 vzdálenějšího od ložisek (prvek 16)

B0 = 270°

Příkaz pro přesunutí souřadnic nulového bodu stroje do polohy nulového bodu obrobku je následující:

**\$P\_UIFR[4]=CTTRANS(X,-167.9,Y,290,Z,67.4,B,270)**

Pozn.: Přesné rozměry souřadnic nulových bodů jsou určeny pomocí CAM softwaru ProEngineer.

**Blok programu – názorný příklad:**

První zde uvedený úsek popisuje obrobení válcových ploch prvku 1 a 2 speciálním sdruženým nástrojem pro hrubování T001. Lze vidět, že první část úseku programu slouží k volání zmíněného nástroje společně s definováním řezných podmínek, které byly pro nástroj určeny. Následující část úseku programu již popisuje obrobení prvku z obou stran při nastavení úhlu stolu vůči vřetenu 90° a 270° společně s definováním nulových bodů, absolutního programování apod.

Druhý úsek znázorňuje obrobení zmíněných prvků dokončovacím vyvrtáváním také speciálním sdruženým nástrojem T002.

**N800 L300;** Výměna přichystaného nástroje T001

**N810 T001;** Hrubovací vyvrtávací tyč ØD=84,5/ØD98

**N820 STOPRE**

**N830 M1**

**N840 S585 F613 M3 T1404;** ( $V_C=155$ ,  $F_Z=0,35$ ) přichystání nástroje T1404

**N850 G0 G55 G90 B=DC(90) X0 Y0**

**N860 TRANS Z260**

**N890 G0 Z113 M75**

**N900 G1 Z-17 F200**

**N910 Z113 F5000**

**N920 TRANS**

**N930 G0 Z700**

**N940 G0 G57 G90 B=DC(270) X0 Y0**

**N950 TRANS Z120**

**N960 G0 Z113**

**N970 G1 Z-17 F200**

**N980 Z113 F5000**

**N990 TRANS**

**N1000 G0 Z700**

.

.

.

**N1010 L300;** Výměna přichystaného nástroje T002

**N1020;** Dokončovací vyvrtávací tyč  $\text{ØD}=85 (+0,13/+0,17)/\text{ØD}=100\text{H8}$

**N1030 STOPRE**

**N1040 M1**

**N1050 S580 F80 M3 T507;** ( $V_C=150$ ,  $F_Z=0,14$ ) přichystání nástroje T507

**N1060 G0 G57 G90 B=DC(270) X0 Y0**

**N1070 TRANS Z120**

**N1080 G0 Z117 M75**

**N1090 G1 Z-17,1 F80**

**N1100 Z117 F5000**

**N1110 TRANS**

**N1120 G0 Z700**

**N1130 G0 G55 G90 B=DC(90) X0 Y0**

**N1140 TRANS Z260**

**N1150 G0 Z117**

**N1160 G1 Z-17,1 F80**

**N1170 Z117 F5000**

**N1180 TRANS**

**N1190 G0 Z700 M9**

Pozn.: Program a jeho bloky jsou sestaveny podle norem ISO. Významy jednotlivých ISO kódů je možné nalézt v rozličných příručkách pro NC programování a nebudou zde uvedeny. Program byl sestaven v kooperaci s odbornými pracovníky společnosti Zetor Tractors a.s. NC program uvedený v příloze je omezen pouze na řešení úseků pro nově navržené progresivní nástroje dle výše zmíněné posloupnosti.

## 5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Důvodem převodu součásti víko hydrauliky z externí výroby u firmy SATES s.r.o. byla především eliminace rozdílu v ceně, za kterou byla komponenta vyráběna, resp. nakupována u firmy SATES s.r.o., a za kterou bude komponenta vyráběna v domovské firmě Zetor. Primárním cílem následující kapitoly je tedy určení návratnosti investic do projektu a určení ceny výroby komponenty ve firmě Zetor Tractors a.s. a následné porovnání s cenou externího výrobce. Vzhledem ke značné obsáhlosti problematiky ekonomického vyhodnocování výroby součásti, jejíž podrobný rozbor by se vymykal rozsahu zde řešené práce, bude následující kapitola omezena pouze na vyčíslení základních ukazatelů, kterými budou náklady na nástroje, náklady na strojní práci a konečně vyhodnocení návratnosti investice do nových progresivních nástrojů společně s porovnáním rozdílů v ceně externího výrobce a domovské firmy.

### 5.1 Střediskové náklady

„Na náklady se může přihlížet z mnoha různých hledisek. Z hlediska rozboru výrobních nákladů je zásadní analýza střediskových nákladů. Za střediskové náklady se považují ty, které jsou spojeny s činností střediska a nejsou přímo závislé, nebo jen velmi slabě, na změnách ve struktuře výkonů, tj. na změnách v sortimentu výrobků, které středisko právě vyrábí.

Pro rozbor střediskových nákladů je třeba nejprve tyto náklady jednoznačně definovat. Pro tuto definici je vhodné výchozí rozdělení nákladů dle jejich příslušnosti k produkovaným výkonům a to na přímé a nepřímé (režijní). Za přímé se považují ty, které lze přímo přiřadit k danému výkonu (výrobku, službě). Režijní jsou takové, které jsou společné pro více výkonů a jejich přiřazení není jednoznačné“. [22]

Společnost Zetor Tractors a.s. provádí své kalkulace právě na základě těchto střediskových nákladů. Jednotlivá střediska oddělení Mechanika je možné vidět v tabulce 5.1. Zde řešená součást spadá pod středisko 2430 – „Nová CNC centra“, kde je kompletně obrobena. Náklady na toto středisko byly určeny technicko-ekonomickým úsekem společnosti a jsou stanoveny ve výši, která je uvedena též v tab. 5.1.

Tab. 5.1 Střediskové náklady

Oddělení	Středisko	Název střediska	Variabilní režie [Kč.Nhod <sup>-1</sup> ]	Fixní režie [Kč.Nhod <sup>-1</sup> ]
T4 Mechanika	2410	Lehká mechanika		
	2420	Obrábění hliníku		
	2430	Nová CNC centra	540	1080
	2440	Linky AOL		
	2450	Diferenciál		

Pozn.: Z tabulky je zřejmé, že celkové režijní náklady jsou dány součtem fixních a variabilních režijních nákladů. Tyto střediskové náklady je možné chápat jako hodinový režijní paušál.

**Variabilní režie:**

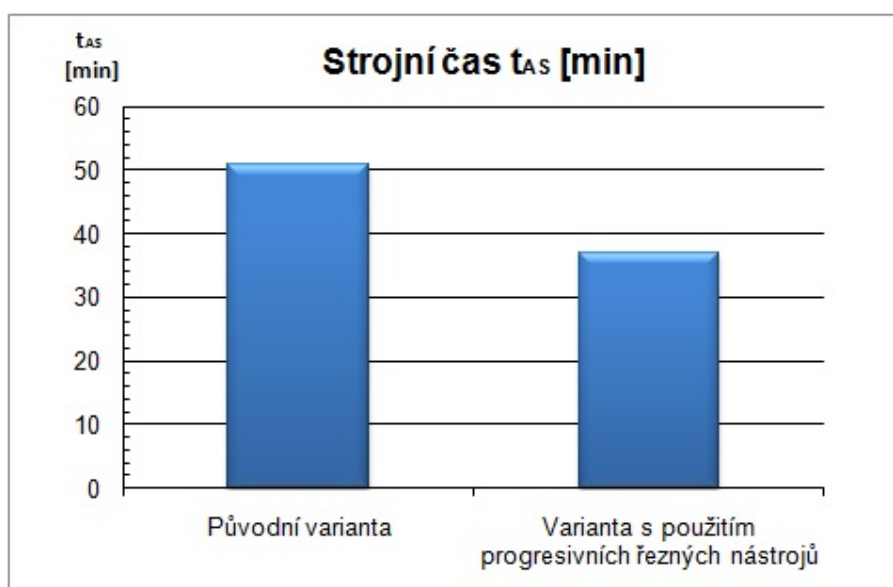
Přímé mzdy, variabilní část energie, náradí, režijní materiál, oleje, ochranné pomůcky, opravy a údržby, PHM, obalový materiál

**Fixní režie:**

Fixní část energie, odpisy strojů a budov, ostatní režijní náklady výrobního úseku včetně ME, PS, UI, náklady úseků kvality a nákupu

## 5.2 Porovnání strojních časů

V předchozích kapitolách bylo zjištěno, že aplikováním nově navržených progresivních nástrojů dojde k výraznému snížení strojního času obráběcího stroje, který je potřebný k obrobení součásti víko hydrauliky. Obr. 5.1 znázorňuje tuto skutečnost.



Obr. 5.1 Porovnání strojních časů

Pro účely výpočtů je nutné převést časy jednotlivých operací do normované podoby. Převod akceptuje interní směrnice společnosti Zetor Tractors a.s. a tyto hodnoty jsou zapsány v tab. 5.2.

Tab. 5.2 Normominyuty jednotlivých operací

Operace	Zařízení	Nmin	
		Původní varianta	Navrh. varianta
0100/0100	HEC 800	19	9
0200/0200	HEC 800	35	30
0300/0300	Zámečnick	12	12
0301/8000	Pračka ATOLL	5	5
0400/0400	Zámečnick	10	10
		<b>Σ 81</b>	<b>Σ 66</b>

### 5.3 Náklady na progresivní nástroje

V otázce nákladů na nástroje bude práce omezena pouze na určení nákladů, které jsou spojené s nákupem těles nových progresivních nástrojů a k nim připadajícího spotřebního nářadí (VBD). Tyto náklady budou následně brány jako nutná počáteční investice do nově navržené varianty.

Tab. 5.3 Ceny navrhovaných nástrojů (těles) v závislosti na počtu odebraných kusů

Nástroj	Ceny těles nástrojů $C_{tn}$ [Kč/ks]		
	1 ks	2 ks	3 ks
T001	130 000	115 000	100 000
T002	85 000	80 000	75 000
T003	-	20 000	20 000
T008	45 000	40 000	35 000
T012	-	17 000	15 000
T016	-	5 000	4 500
			<b>Σ 748 500</b>

Pozn.: V tabulce výše jsou uvedeny ceny **těles** nástrojů. U nástrojů s VBD je nutné dodatečně objednat VBD. Cena určená za nákup těles nově navržených nástrojů uvažuje nákup min. tří kusů od každé položky. Tři kusy jsou určeny z důvodu potřeby zásoby nástrojů v případě, že by došlo k neočekávané destrukci nástroje apod. Ceny těles nástrojů byly určeny odhadem odbornými pracovníky společnosti SECO TOOLS CZ s.r.o.

Náklady na nástroje je možné vyjádřit následujícím vztahem [22]:

$$N_n = z_v \cdot N_{nT} \quad (5.1)$$

Kde:  $N_n$  ... náklady na provoz nástroje vztažené na jednu trvan. břitu [Kč]  
 $z_v$  ... počet výměn nástroje vztažený na jeden operační úsek [ - ]

Počet výměn nástroje je [22]:

$$z_v = \frac{t_{AS}}{T} \cdot k_r \quad (5.2)$$

Kde:  $T$  ... trvanlivost břitu nástroje [min]  
 $k_r$  ... poměr skutečného času obrábění [ - ]

Náklady na nástroj vztažené na jednu trvanlivost břítu pro nástroje s VBD, kde nedochází k přeastřování nástroje [22]:

$$N_{nT} = \frac{C_d \cdot z_d}{z_b \cdot s_b} + (1 + k_{ut}) \cdot \frac{C_{tn}}{z_u} \quad (5.3)$$

Kde:  $C_d$  ... cena VBD [Kč]  
 $C_{tn}$  ... cena tělesa nástroje [Kč]  
 $z_d$  ... počet VBD na nástroji [ - ]  
 $z_b$  ... počet břitů na VBD [ - ]  
 $z_u$  ... předpokládaný počet upnutí VBD za dobu životnosti nástroje [ - ]  
 $s_b$  ... součinitel využití břitových destiček [ - ]  
 $k_{ut}$  ... koeficient údržby tělesa nástroje [ - ]

Náklady na nástroj vztažené na jednu trvanlivost břítu pro celistvé (přeastřované) nástroje je následující [22]:

$$N_{nT} = \frac{C_n - C_{zn}}{z_o + 1} + t_{os} \cdot k_c \cdot \left( \frac{M_{os}}{60} + \frac{HRP_{os}}{60} \right) \cdot \frac{z_o}{z_o + 1} \quad (5.4)$$

Kde:  $C_n$  ... cena nástroje [Kč]  
 $C_{zn}$  ... zbytková cena nástroje [Kč]  
 $M_{os}$  ... mzda ostříče [Kč.hod<sup>-1</sup>]  
 $HRP_{os}$  ... hodinový režijní paušál ostřírny [Kč.hod<sup>-1</sup>]  
 $z_o$  ... počet možných přeastření nástroje [ - ]  
 $t_{os}$  ... čas ostření nástroje [min]

Počet VBD, který je potřebný pro obrobení jedné série ve vztahu k jednomu nástroji, je dán vztahem:

$$n_{VBD/ser} = \frac{N \cdot t_{AS} \cdot z_d}{T_{predp/strana} \cdot z_b} \quad (5.5)$$

Kde:  $N$  ... roční výrobní série (1050 ks) [ - ]  
 $T_{predp/břit}$  ... předpokládaná trvanlivost břítu při dodržení předepsaných výrobních podmínek [min]

Tab. 5.4 Součinitele pro výpočet  $N_{nT}$  dle [22]:

Podmínky obrábění	$z_u$	$s_b$	$k_{nt}$
Lehké	400 až 600 i více	0,95	0,05
Střední	200 až 400	0,9	0,25
Těžké	200	0,8	0,4
Velmi těžké	100	0,7	0,6

Pozn.: Pro účely této práce budeme uvažovat podmínky obrábění střední, čemuž odpovídají součinitele podle výše uvedené tabulky.

Náklady na výměnu nástrojů je možné určit pomocí vzorce [22]:

$$N_{vn} = t_{vn} \cdot \left[ k_c \cdot \left( \frac{M_s}{60} + \frac{HRP_{sp}}{60} \right) \cdot \frac{O_s}{60} \right] = t_{vn} \cdot N_{vnm} \cdot z_v \quad (5.6)$$

Kde:  $t_{vn}$  ... čas výměny nástroje [min]  
 $M_s$  ... mzda seřizovače [Kč.hod<sup>-1</sup>]  
 $O_s$  ... odpis stroje [Kč.hod<sup>-1</sup>]  
 $N_{vnm}$  ... náklady na výměnu nástroje [Kč.hod<sup>-1</sup>]

Vzhledem ke skutečnosti, že výměna nástrojů probíhá za chodu obráběcího centra, náklady na výměnu nástrojů jsou tedy brány jako nulové.

Tab. 5.5 Náklady na progresivní nástroje pro roční sérii 1050 ks

Nástroj	VBD	$z_d$ [-]	$C_d$ [Kč]	$z_b$ [-]	$T_{předp/strana}$ [min]	$t_{AS}$ [min]	$n_{VBD/ser}$ [ks]	$N_n$ [Kč]
T001	CCMT 120408	3	350	2	30	0,19	10	17 100
	CCMT 160408	2	380	2	30	0,05	2	
	CCMT 060204	1	300	2	30	0,02	1	
	CCMT 09T308	1	300	2	30	0,02	1	
T002	CCMT 060204	2	300	2	30	1,34	48	52 650
	CPGT 050205	2	280	2	30	0,21	8	
T003	ONMF 090520	15	400	16	40	0,89	22	12 000
T008	SCGX 120408	2	350	4	30	0,85	15	
	SCGX 09T308	2	300	4	30	0,15	3	
T012	SCGX 09T308	2	300	4	30	0,02	2	230
	Crownloc SD100A1	1	500	1	40	1,35	36	22 248
								<b>Σ106 230</b>

Pozn.: Výše spočtené hodnoty nákladů na nástroje zahrnují položky, jako jsou odpisy či údržba, eventuálně ostření. Do hodnoty jsou započteny též náklady na nástroj T016. Tyto náklady byly stanoveny odborným odhadem na 2000 Kč.

Náklady na nástroje v prvním roce používání progresivních nástrojů jsou uvedeny v tab. 5.6. Tato položka odpovídá investici, která je nutná pro zahájení výroby s využíváním speciálních progresivních nástrojů. Po prvním roce užívání speciálních progresivních nástrojů se bude nákladová položka na nástroje skládat pouze z nákladů na spotřební nástroje, kterými jsou vesměs VBD (2. a 3. řádek tabulky).

Tab. 5.6 Roční náklady na nástroje (1. rok)

Náklady na nástroje [Kč]	
Náklady na tělesa nástrojů progr.	748 500
Náklady na nástroje progresivní	106 230
Náklady na ostatní nástroje	100 000
	<b>Σ 954 730</b>

Pozn.: Položka Náklady na ostatní nástroje uvažuje nástroje, které jsou již zakoupené a započítány jsou zde pouze náklady na spotřební položky nástrojů (VBD, přeostřování apod.), které jsou nutné pro obrobění roční série. Tato položka byla stanovena technicko-ekonomickým oddělením společnosti.

#### 5.4 Náklady na strojní práci

Náklady na strojní práci je možné vyjádřit s využitím hodinového režijního paušálu společných nákladů dílny, resp. střediska, a to [22]:

$$N_S = t_{AS} \cdot \left[ k_c \cdot \left( \frac{M_o}{60} + \frac{HRP_{sp}}{60} \right) + \frac{N_{hs}}{60} \right] = t_{AS} \cdot N_{sm} \quad (5.7)$$

Kde:  $k_c$  ... přírůžka času směnového [ - ]  
 $M_o$  ... Mzda operátora [Kč.hod<sup>-1</sup>]  
 $HRP_{sp}$  ... hodinový režijní paušál společných nákladů (střediskový) [Kč.Nhod<sup>-1</sup>]  
 $N_{hs}$  ... náklady na hodinu provozu stroje [Kč.hod<sup>-1</sup>]  
 $N_{sm}$  ... náklady na strojní práci [Kč.min<sup>-1</sup>]

Protože odpisy stroje jsou již minulostí, je možné provést kalkulaci nákladů na strojní práci pouze s pomocí variabilní výrobní režie, která byla zmíněna v kapitole 5.1. Tato variabilní režie zahrnuje jak přímé mzdy dělníků, tak i variabilní část energie či nářadí a materiálu. Variabilní režie střediska je technicko-ekonomickým oddělením stanovena ve výši  $VR = 540 \text{ Kč.Nhod}^{-1}$  a náklady na strojní práci pro obráběcí centrum StarragHeckert tedy budou:

$$N_S = t_{AS} \cdot \frac{VR}{60} \quad (5.8)$$

Tab. 5.7 Náklady na strojní práci vztažené na jeden obrobený kus

Náklady na strojní práci HEC 800 [Kč/ks]	
Původní varianta ( $t_{AS}=51\text{min}$ )	Navrhovaná varianta ( $t_{AS}=37\text{min}$ )
459	333

### 5.5 Doba návratnosti investice do progresivního nářadí

Princip stanovení návratnosti investovaných prostředků bude respektovat postupy používané ve firmě Zetor Tractors a.s. Nedílnou součástí tohoto výpočtu bude stanovení ceny výroby v domovské firmě a určení ročního profitu. Výpočet bude uvažovat minimální dobu výroby série součástí víko hydrauliky 5 let. Cena za práci, kterou platila firma Zetor Tractors a.s. společnosti SATES s.r.o. činí 1726 Kč za jednu obrobenou komponentu.

Návratnost investice bude vypočtena podle následujícího vztahu [23]:

$$ROI = \frac{\text{Výnosy z investice} - \text{Náklady na investici}}{\text{Náklady na investici}} \cdot 100 \quad (5.9)$$

Kde: ROI ... návratnost investice [%]

Pro zjištění doby návratnosti investice, tedy čas, za který výnosy z investice plně pokryjí náklady na tuto investici lze spočítat podle následující formule [23]:

$$DN = \frac{\text{Náklady na investici}}{\text{Rocni CF}} \quad (5.10)$$

Kde: DN ... doba návratnosti investice [měsíce]  
CF ... cash flow [Kč]

#### Princip výpočtu je následující:

Při plánované roční produkci 1050 ks obrobků by společnost Zetor Tractors a.s. zaplatila svému dodavateli při ceně za jednu obrobenou komponentu 1726 Kč částku 1 812 300 Kč.rok<sup>-1</sup>:

$$CP_{SATES} = RPP \cdot CK_{SATES} \quad (5.11)$$

Kde: CP<sub>SATES</sub> ... náklady na práci firmy SATES s.r.o. [Kč]

RPP ... roční plán produkce (1050) [ ks ]

CK<sub>SATES</sub> ... cena za obrobení komponenty u firmy SATES s.r.o. [Kč]

Využije-li společnost Zetor Tractors a.s. k obrobení komponenty svých kapacit, její roční náklady na práci budou:

$$CP_{ZETOR} = N_{hod} \cdot RPP \cdot VR \quad (5.12)$$

Kde: CP<sub>ZETOR</sub> ... cena za práci firmy Zetor Tractors a.s. [Kč]

Výnosy z tohoto projektu lze určit rozdílem mezi ročními částkami, které připadají na obrobení u společnosti SATES s.r.o. a Zetor Tractors a.s.:

$$V = CP_{SATES} - CP_{ZETOR} \quad (5.13)$$

Kde:  $V$  ... roční výnos [Kč]

Roční zisk, který plyne z investice do projektu, je poté dán vztahem:

$$Z_r = V - NI \quad (5.14)$$

Kde:  $Z_r$  ... roční zisk [Kč]  
 $NI$  ... náklady na investici (náklady na nástroje) [Kč]

Tab. 5.8 Tabulka výpočtu ROI a doby návratnosti investice v 1. roce

1. rok	Náklady na nástroje	Roční plán produkce	Nmin na ks	Nhod na ks	Nhod za rok	Cena komp. SATES	
	NI [Kč]	RPP [ks]	Nmin.ks <sup>-1</sup>	Nhod.ks <sup>-1</sup>	Nhod.rok <sup>-1</sup>	CK <sub>SATES</sub> [Kč/ks]	
Původní varianta	250 000	1050	81	1,35	1 418	1726	
Navrhovaná varianta	954 730	1050	66	1,1	1 155	1726	
	Cena za práci SATES	Cena za práci ZETOR	Výnos	Doba návratnosti	Návratnost	Roční zisk	Rozdíl
	CP <sub>SATES</sub> [Kč.rok <sup>-1</sup> ]	CP <sub>ZETOR</sub> [Kč.rok <sup>-1</sup> ]	V [Kč.rok <sup>-1</sup> ]	DN [měsíce]	ROI [%]	Z <sub>r</sub> [Kč.rok <sup>-1</sup> ]	[Kč]
Původní varianta	1 812 300	765 720	1 046 580	2,87	319	796 580	-562 710
Navrhovaná varianta	1 812 300	623 700	1 188 600	9,64	24	233 870	

Tab. 5.9 Tabulka výpočtu ROI a doby návratnosti investice v následujících letech

Následující roky	Náklady na nástroje	Roční plán produkce	Nmin na ks	Nhod na ks	Nhod za rok	Cena komp. SATES	
	NI [Kč]	RPP [ks]	Nmin.ks <sup>-1</sup>	Nhod.ks <sup>-1</sup>	Nhod.rok <sup>-1</sup>	CK <sub>SATES</sub> [Kč/ks]	
Původní varianta	250 000	1050	81	1,35	1 418	1726	
Navrhovaná varianta	206 230	1050	66	1,1	1 155	1726	
	Cena za práci SATES	Cena za práci ZETOR	Výnos	Doba návratnosti	Návratnost	Roční zisk	Rozdíl
	CP <sub>SATES</sub> [Kč.rok <sup>-1</sup> ]	CP <sub>ZETOR</sub> [Kč.rok <sup>-1</sup> ]	V [Kč.rok <sup>-1</sup> ]	DN [měsíce]	ROI [%]	Z <sub>r</sub> [Kč.rok <sup>-1</sup> ]	[Kč]
Původní varianta	1 812 300	765 720	1 046 580	2,87	319	796 580	185 790
Navrhovaná varianta	1 812 300	623 700	1 188 600	2,08	476	982 370	

Při pohledu na výše uvedené tabulky lze vyzorovat skutečnost, že při nákupu progresivních řezných nástrojů ve spojení s náklady na tyto a ostatní nástroje pro roční produkci 1050 ks obrobků dojde k pokrytí investovaných prostředků v průběhu 10. měsíce výroby. Nicméně ve srovnání s původní variantou přijdeme touto investicí o zisk v prvním roce, který činí -563 tis. Kč (tzv. náklady obětované příležitosti).

V následujících letech již projekt generuje oproti původní variantě procentuálně vyšší ROI při ročním zisku 982 tis. Kč. Rozdíl, o který bude tento roční zisk vyšší oproti původní variantě (rozdíl 186 tis. Kč) pokryje ztrátu 563 tis. Kč z prvního roku projektu na začátku pátého roku od investice do progresivního nářadí. Lze tedy říci, že investice do progresivních nástrojů ve srovnání s původní variantou není z krátkodobě extrémně výhodná.

Výpočet uvedený výše byl řešen v čistě teoretické rovině na základě filozofie výpočtů společnosti Zetor Tractors a.s.

## ZÁVĚR

Cíl práce spočíval v navržení nové progresivní metody obrobení řešené součásti „víko hydrauliky“ (č. výkresu 19 400 001) s využitím moderních řezných nástrojů a navržení dokumentace technické přípravy výroby pro nově navrženou technologii při respektování možností, které skýtá společnost Zetor Tractors, a.s. Tato koncepce byla následně ekonomicky vyhodnocena a to v souladu se zvyklostmi společnosti.

Úvodní část práce je zaměřena na posouzení funkčnosti a technologičnosti konstrukce zde řešené součásti společně s rozбором stávající technologie výroby. Tento rozbor poukazuje především na možnosti strojového parku společnosti a dále je uvedeno aktuálně používané nářadí pro výrobu komponenty.

Hlavní část práce je věnována návrhu nových variant pro efektivnější obrobení součásti s využitím progresivního nářadí. Při studiu této problematiky byly navrženy moderní řezné nástroje, díky nimž dojde oproti původní variantě ke zřejmé redukci počtu nástrojů, potřebných pro obrobení součásti. Tato redukce činí 8 položek nástrojů (35 položek v původní variantě, 27 položek ve variantě nově navržené), což má vliv na snížení nákladů na nástroje, náklady na spotřební položky nástrojů či náklady na skladování.

Při návrhu speciálních progresivních nástrojů bylo dosaženo snížení strojních časů z původních 51 min potřebných pro obrobení jedné komponenty na 37 min, což odpovídá procentuelní redukci strojního času o 27%. Díky této redukci dojde ve srovnání s původní variantou ke snížení nákladů na obrobení roční série o 142 tis. Kč.

Pro zmíněné moderní nástroje byla sestavena technologická dokumentace zabývající se především vytvořením nového výrobního postupu, návodkami a dále návrhem a sestavením nového NC programu pro tyto nástroje.

V závěru práce byla nově navržená progresivní technologie obrobení součásti ekonomicky vyhodnocena, přičemž bylo zjištěno, že případná investice do nových progresivních nástrojů bude splacena během prvního roku užívání. Dále bylo zjištěno, že vlivem investice do progresivních nástrojů v prvním roce dojde ke ztrátě na zisku (-563 tis. Kč) v porovnání s původní variantou. Tato ztráta bude při ročním zisku nově aplikovaného řešení 982 tis. Kč eliminována na počátku pátého roku projektu.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] webProgress. *Zetor* [online]. 2009 [cit. 2010-11-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.zetor.cz/>>.
- [2] StarragHeckert HEC 800. Návod k obsluze: Konstrukce stroje a technické údaje., 2009. 35 s.
- [3] PODRÁBSKÝ, Tomáš; POSPÍŠILOVÁ, Simona. *Studijní opora: Struktura a vlastnosti grafitických litin* [online]. Brno: 16. 11. 2006 [cit. 2010-11-14]. Litiny s kuličkovým grafitem. Dostupné z WWW: <<http://ime.fme.vutbr.cz/files/Studijni%20opory/savgl/index.php?chapter=11>>.
- [4] BOUCNÍK, Pavel. *Simulace mikrostruktury s ohledem na dosažení požadovaných vlastností odlitků* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2001. 179 s. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Dostupné z WWW: <<http://www.boucnik.cz/PDF/kap1.pdf>>.
- [5] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění – 1. část* [online]. Studijní opory pro podporu samostudia v oboru „Strojírenská technologie“ v MS studijního programu „Strojírenská technologie a průmyslový management“. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003, 138 s. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/...>>
- [6] ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
- [7] VĚCHET, S., KOHOUT, J. a BOKŮVKA, O. *Únavové vlastnosti tvárné litiny*. 1. vyd. Žilina: EDIS, 2001. 157 s. ISBN 80-7100-910-5.
- [8] *Vysoká škola báňská - technická univerzita Ostrava : fakulta strojní - katedra mechanické technologie* [online]. c2000 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.345.vsb.cz/jirihruby/Tek/Tek06.pdf>>.
- [9] KOČMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [10] *Starragheckert* [online]. c2005 [cit. 2011-02-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.starragheckert.com>>.
- [11] *Makino* [online]. c2011 [cit. 2011-02-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.makino.com/machines/a81/>>.
- [12] AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění – Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: *Modern Metal Cutting - A Practical Handbook*. ISBN 91-972299-4-6.
- [13] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. první vydání. Úvaly, Havlíčkova 92 : ALBRA - pedagogické nakladatelství, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2.

[14] DEMBEK, Jiří . *Slinuté karbidy a jejich efektivní využití*. Brno, 2010. 101 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Dostupné z WWW: <[https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?zp\\_id=29743](https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?zp_id=29743)>.

[15] Sandvik Coromant. *Metalcutting technical guide : Turning - Milling – Drilling - Boring - Tool holding* [online]. Sandviken : Sandvik Coromant, 2011, 2.3.2011 [cit. 2011-03-23]. Dostupné z WWW: <[www.coromant.sandvik.com](http://www.coromant.sandvik.com)>.

[16] *Obrábění otvorů: Katalog a technický průvodce 2008*. Fagersta : Grafiska Byran Orebro/PA Group Karlstad 2008, 2008. 357 s.

[17] *SECO CZECH REPUBLIC* [online]. c2011 [cit. 2011-04-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.secotools.com/cz>>.

[18] *Frézování I*. Fagersta : Grafiska Byran Orebro/PA Group Karlstad 2009, 2009. 572 s.

[19] KOČMAN, Karel. *Speciální technologie : Obrábění*. 3. přeprac. dopl. vyd. Brno : AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2004. 227 s. ISBN 80-214-2562-8

[20] Emuge-Franken. *Emuge řezací závitníky 2010* [online]. [cit. 2011-02-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.emugefranken.cz/index.php?menu=184>>.

[21] *Hahnreiter Prazision* [online]. c2003 [cit. 2011-05-18]. Dostupné z WWW: <[http://www.hahnreiter.de/index\\_en.htm](http://www.hahnreiter.de/index_en.htm)>.

[22] FUCSEK, T. *Převedení výroby z linky Debako na obráběcí centrum Makina A71: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 53 s., 6 příloh. Vedoucí práce doc. Ing. MIROSLAV PÍŠKA, CSc

[23] *Investopedia* [online]. c2011 [cit. 2011-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.investopedia.com>>.

[24] *SIEMENS* [online]. c2011 [cit. 2011-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.siemens.com>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

<b>Zkratka/Symbol</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Popis</b>
TPV		Technická příprava výroby
LKG		Litina s kuličkovým grafitem
TZ		Technologická základna
VBD		Vyměnitelná břitová destička
PKNB		Polykrystalický kubický nitrid boru
SK		Slinutý karbid
Ø		Průměr
M		Závit
Nhod	[min]	Normohodina
Nmin	[min]	Normominnuta
$K_v$	[-]	Součinitel obrobitelnosti
$k_{c1}$	[N.mm <sup>-2</sup> ]	Měrná řezná síla pro odebrání třísky o střední tloušťce 1 mm
$m_c$	[-]	Korekční faktor
$R_a$	[µm]	Střední aritmetická úchylka profilu
D	[mm]	Obráběný průměr, průměr nástroje
L	[mm]	Délka
$M_c$	[Nm]	Kroutící moment na vřetenu
P	[kW]	Příkon stroje
$P(T_p)$	[mm]	Nespolehlivost polohy
$P_a$	[mm]	Odchylka polohy
$P_{smax}$	[mm]	Max. šířka rozptylu polohy
$U_{max}$	[mm]	Max. chyba reverzibility
$Q_{prum}$	[cm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> ]	Průměrný objem odebraného materiálu za jednotku času
$f_z$	[mm]	Posuv na zub
z	[-]	Počet zubů nástroje
n	[min <sup>-1</sup> ]	Otáčky
$f_n$	[mm.ot <sup>-1</sup> ]	Posuv na otáčku
$v_f$	[mm.min <sup>-1</sup> ]	Posuvová rychlost
$v_c$	[m.min <sup>-1</sup> ]	Řezná rychlost
$t_{AS}$	[min]	Jednotkový strojní čas
$D_c$	[mm]	Průměr nástroje

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
Q	[cm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> ]	Objem odebraného materiálu za jednotku času
a <sub>e</sub>	[mm]	Radiální hloubka řezu
a <sub>p</sub>	[mm]	Axiální hloubka řezu
η	[%]	Účinnost
k <sub>c</sub>	[N.mm <sup>-2</sup> ]	Měrná řezná síla
γ <sub>0</sub>	[°]	Ortogonální úhel čela
h <sub>m</sub>	[mm]	Střední tloušťka třísky
ω <sub>e</sub>	[°]	Úhel záběru nástroje
κ	[°]	Úhel nastavení hlavního ostří
π	[-]	Ludolfovo číslo
l <sub>n</sub>	[mm]	Délka náběhu
l <sub>p</sub>	[mm]	Délka přeběhu
l <sub>pf</sub>	[mm]	Délka přeběhu
l	[mm]	Délka obráběné plochy
L	[mm]	Dráha nástroje
B	[mm]	Šířka obráběné plochy
e	[mm]	Vyosení nástroje
A <sub>T</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha příčného průřezu
ω	[rad]	Úhlová rychlost
r <sub>ε</sub>	[mm]	Poloměr špičky nástroje
k <sub>c</sub>	[-]	Přirážka času směnového
t <sub>AC</sub>	[min]	Čas jednotkový s přirážkou času směnového
t <sub>BC</sub>	[min]	Čas dávkový s přirážkou času směnového
N <sub>n</sub>	[Kč]	Náklady na nástroje
z <sub>v</sub>	[-]	Počet výměn nástroje
N <sub>nT</sub>	[Kč]	Náklady na nástroj vztahované na jednu trvanlivost břitu
T	[min]	Trvanlivost břitu nástroje
k <sub>r</sub>	[-]	Poměr skutečného času obrábění
C <sub>d</sub>	[Kč]	Cena VBD
C <sub>n</sub>	[Kč]	Cena nástroje

<b>Zkratka/Symbol</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Popis</b>
$C_{zn}$	[Kč]	Zůstatková cena nástroje
$C_{tn}$	[Kč]	Cena tělesa nástroje
$Z_d$	[ - ]	Počet VBD na nástroji
$Z_b$	[ - ]	Počet břitů nástroje
$S_b$	[ - ]	Součinitel využití VBD
$k_{ut}$	[ - ]	Koeficient údržby tělesa nástroje
$Z_u$	[ - ]	Předpokládaný počet upnutí VBD za dobu životnosti nástroje
$Z_o$	[ - ]	Počet možných přeastření nástroje
$t_{os}$	[min]	Čas ostření nástroje
HRP	[Kč.hod <sup>-1</sup> ]	Hodinový režijní paušál
$M_{os}$	[Kč.hod <sup>-1</sup> ]	Mzda ostříče
$N_{vn}$	[Kč]	Náklady na výměnu nástroje
$t_{vn}$	[min]	Čas výměny nástroje
$M_s$	[Kč.hod <sup>-1</sup> ]	Mzda seřizovače
$O_s$	[Kč.hod <sup>-1</sup> ]	Odpisy stroje
$N_{vnm}$	[Kč]	Náklady na výměnu nástroje
$N_s$	[Kč]	Náklady na strojní práci
$N_{hs}$	[Kč.hod <sup>-1</sup> ]	Náklady na hodinu provozu stroje
$N_{sm}$	[Kč.min <sup>-1</sup> ]	Náklady na strojní práci
VR	[Kč.hod <sup>-1</sup> ]	Variabilní režie
ROI	[%]	Návratnost investice (Return on investment)
DN	[měsíce]	Doba návratnosti investice
CF	[Kč]	Cash flow
CP	[Kč]	Cena za práci
CK	[Kč]	Cena komponenty
RPP	[ks]	Roční plán produkce
V	[Kč]	Výnosy
NI	[Kč]	Náklady na investici
$Z_r$	[Kč]	Roční zisk

**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1 Výkres součásti „víko hydrauliky“, č. výkresu 19.400.001 (formát A1)
- Příloha 2 Výkres polotovaru „víko hydrauliky“, č. výkresu 10.400.101 (formát A1)
- Příloha 3 Výkres sestavení „zvedací mechanismus“, č. výkresu 19.400.000 (formát A3)
- Příloha 4 Původní NC program firmy Zetor
- Příloha 5 Seznam aktuálně používaných řezných nástrojů
- Příloha 6 Návrhy variant obrobění součásti
- Příloha 7 Technické výkresy navrhovaných progresivních nástrojů
- Příloha 8 Výrobní postup navrhované varianty
- Příloha 9 Seznam řezných nástrojů navrhované varianty
- Příloha 10 Návodky pro navrhovanou variantu
- Příloha 11 NC program navrhované varianty