



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTKY KONZOLA

TECHNOLOGY OF PRODUCTION PARTS CONSOLE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. TOMÁŠ RUSNÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. KAREL OSIČKA, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Tomáš Rusník

který/která studuje v **magisterském navazujícím 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:

Technologie výroby součástky konzola

v anglickém jazyce:

Technology of Production Parts Console

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Kompletní řešení technologie výroby obráběním součásti konzola přední hnací nápravy z polotovaru odlitku v podmínkách velké strojírenské firmy disponující dobře vybaveným strojním parkem.

Cíle diplomové práce:

Úvod.

Rozbor současných možností obrábění.

Technologičnost konstrukce součásti konzola přední hnací nápravy.

Návrh variant možného řešení technologie výroby.

Technologický postup pro zvolenou variantu, návrh řešení NC programu.

Rozbor použitých strojů.

Rozbor použitého nářadí, varianty.

Technicko-ekonomické vyhodnocení.

Závěr.

Seznam odborné literatury:

1. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, 1997. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
2. KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. KOČMAN, K. Speciální technologie – Obrábění. 2. vyd. Brno: PC- DIR Real, 1998. 236 s. ISBN 80-214-1187-2.
4. SVOBODA, E. Technologie a programování CNC strojů. 1. vyd. H. Brod: FRAGMENT, 1998. 278 s.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Osička, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 19.11.2010

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá řešením kompletní technologie výroby třískovým obráběním součásti konzola přední hnací nápravy. Konzola je součástí samonosné konstrukce traktoru a je vyráběna v podmínkách velké strojírenské firmy, disponující obráběcím centrem určeným pro její výrobu. Úvodní část obsahuje návrh technologie výroby součásti. Hlavní část práce je pak věnována technologickému postupu výroby obráběním a výběru vhodných nástrojů. V závěru je provedeno technicko-ekonomické vyhodnocení obrobené součásti.

Klíčová slova

Technologie výroby obráběním, frézování, vystružování, vrtání, obráběcí centrum, NC program, tvárná litina

ABSTRACT

This thesis describes the complete technology solution of front driving axle console production by machining. The console is part of the self-supporting structure of the tractor and is produced under conditions of large engineering company. Introduction describes the production technology of component. The main part is devoted to the technological process of production and selection of appropriate cutting tools. Technical and economical evaluation of machined part is mentioned in the conclusion of thesis.

Key words

Machining Technology, Milling, Reaming, Drilling, Machining Center, NC program, Ductile Iron

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RUSNÍK, T. *Technologie výroby součástky konzola*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 77 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Karel Osička, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Technologie výroby součástky konzola vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 27.5.2011

.....
Tomáš Rusník

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Karlovi Osičkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

Dále děkuji kolektivu pracovníků technické přípravy výroby firmy ZETOR TRACTORS a. s. za podporu při vypracování diplomové práce.

OBSAH

| | |
|---|----|
| ABSTRAKT | 4 |
| PROHLÁŠENÍ | 5 |
| OBSAH | 7 |
| ÚVOD | 9 |
| 1 ROZBOR SOUČASNÝCH MOŽNOSTÍ OBRÁBĚNÍ TVÁRNÉ LITINY..... | 10 |
| 1.1 Obrábění tvárné litiny..... | 10 |
| 1.2 Metody obrábění součásti konzola a jejich trendy | 11 |
| 1.2.1 Frézování | 11 |
| 1.2.2 Vrtání | 12 |
| 1.2.3 Vystružování | 13 |
| 1.2.4 Obrábění závitů | 14 |
| 2 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE SOUČÁSTI KONZOLA PŘEDNÍ HNACÍ NÁPRAVY | 15 |
| 2.1 Materiál obrobku..... | 16 |
| 2.2 Upnutí obrobku | 16 |
| 2.3 Rozbor obráběných prvků | 17 |
| 2.3.1 Díry a závity..... | 17 |
| 2.3.2 Plochy..... | 21 |
| 3 NÁVRH VARIANT MOŽNÉHO ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE VÝROBY | 23 |
| 3.1 Varianta 1..... | 23 |
| 3.1.1 Vyhodnocení varianty | 25 |
| 3.2 Varianta 2..... | 25 |
| 3.2.1 Vyhodnocení varianty | 25 |
| 3.3 Varianta 3..... | 25 |
| 3.3.1 Vyhodnocení varianty | 26 |
| 4 TECHNOLOGICKÝ POSTUP PRO ZVOLENOU VARIANTU, NÁVRH ŘEŠENÍ NC PROGRAMU | 27 |
| 4.1 Operace 01/01 | 28 |
| 4.1.1 Použité nástroje | 28 |
| 4.1.2 Popis práce v operaci a návrh NC programu..... | 29 |
| 4.2. Operace 02/02 | 40 |
| 4.2.1 Použité nástroje | 41 |
| 4.2.2 Popis práce v operaci a návrh NC programu..... | 41 |
| 4.3. Operace 03/03 | 47 |
| 4.4. Operace 04/04 | 47 |
| 5 ROZBOR POUŽITÝCH STROJŮ | 48 |
| 5.1 Rozbor obráběcího centra StarragHeckert HEC 800 Ahletic | 48 |
| 5.1.1 Konstrukce..... | 49 |
| 5.1.2 Řízení | 50 |
| 5.1.3 Základní technické údaje..... | 51 |
| 6 ROZBOR POUŽITÉHO NÁŘADÍ, VARIANTY | 52 |
| 6.1 Nástroje pro frézování a jejich varianty..... | 52 |
| 6.1.1 Rozbor jednotlivých nástrojů pro frézování..... | 53 |
| 6.2 Nástroje pro vrtání a jejich varianty | 55 |

| | |
|--|----|
| 6.2.1 Rozbor jednotlivých nástrojů pro vrtání | 56 |
| 6.3 Nástroje pro vystružování a jejich varianty | 63 |
| 6.3.1 Rozbor jednotlivých nástrojů pro vystružování | 63 |
| 6.4 Nástroje pro řezání závitů a jejich varianty | 65 |
| 6.4.1 Rozbor jednotlivých nástrojů pro řezání závitů | 66 |
| 7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ | 70 |
| 7.1 Výpočty | 71 |
| ZÁVĚR | 73 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 74 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ | 76 |
| SEZNAM PŘÍLOH | 77 |

ÚVOD

Úkolem této diplomové práce je návrh technologie výroby součásti konzola ve firmě Zetor Tractors a.s. (dále jen Zetor).

Společnost Zetor má mnohaletou tradici a je jedním z předních výrobců traktorů v nových členských zemích Evropské unie. Firma na začátku nového tisíciletí přijala rozhodnutí o nové koncepci svého výrobního závodu v Brně. Ten je díky této změně pružnější a využívá lepší logistiku. V minulých letech, které se zmítaly ve víru ekonomické krize, musela i firma Zetor reagovat na tuto situaci a řešit svůj pokles prodeje. Jedním z důležitých rozhodnutí byla koupě nového obráběcího centra, jež mělo za následek vytvoření několika pracovních míst a ušetření financí za obrábění součástí externí firmou.

Jednou ze součástí, které firma Zetor plánuje na novém obráběcím centru obrábět je i součást konzola přední hnací nápravy, jejíž technologický postup výroby obráběním je stěžejní kapitolou této diplomové práce. Ve všech kapitolách jsou promítnuty nové trendy v oblasti obrábění tvárné litiny, z níž je součást odlita.

Ve výrobě strojírenských součástí pro zemědělský průmysl má obrábění důležité postavení. V mnoha technologických procesech při něm vznikají z polotovarů výrobky s požadovanou rozměrovou přesností a jakostí povrchu obrobených ploch. Téměř všechny součásti tvořící samonosnou konstrukci traktoru jsou v závěrečném údobí výroby obráběny. Proto je důležité, aby tento proces probíhal hospodárně. Tomu napomáhá i vhodná volba nástrojů a řezných podmínek.



Obr. 1 Traktor Forterra firmy Zetor, pro nějž je určena součást konzola [12]

1 ROZBOR SOUČASNÝCH MOŽNOSTÍ OBRÁBĚNÍ TVÁRNÉ LITINY

1.1 Obrábění tvárné litiny

Třískové obrábění je jednou z důležitých technologických operací uplatňujících se v závěrečné výrobě součástí, jejichž polotovarem je odlitek z tvárné litiny ČSN 42 2304. Jde o operaci, která má často velký význam ve skladbě celkových výrobních nákladů. V průmyslovém odvětví jsou proto přirozené snahy zmenšovat přídavky na obrábění cestou zvětšování přesnosti odlitků pro zlepšení obrobiteľnosti, dále pak výběr vhodných řezných materiálů a nalezení vhodných podmínek obrábění [2].

Součást je odlita z tvárné litiny. Ta je vhodná pro všeobecné použití, vyšší teploty, tlaky a namáhání. Struktura je tvořena feritem a zrnitým grafitem. Je vhodná na odlitky s tloušťkou stěn 5 až 100 mm [3]. Často se používá místo oceli a náklady na její obrábění nevyplývají pouze z rozdílné obrobiteľnosti srovnávaných materiálů, ale také z rozdílných přídavek na obrábění, popřípadě i z odlišného konstrukčního řešení součásti založeného na rozdílných technologických vlastnostech obou materiálů [2].

V tabulce 1.1 můžeme vidět procentuální úspory na obrábění stejných odlitků z tvárné litiny o tvrdosti 163 HB a oceli o tvrdosti 149 HB. Z tabulky vyplývá, že úspory na obrábění odlitku při použití tvárné litiny (pro součásti u kterých provozní namáhání umožňuje její použití) jsou značné. Asi polovina úspor připadá na lepší obrobiteľnost tvárné litiny a druhá polovina na ostatní činitele [2].

Tab.1.1 Úspory nákladů na obrábění stejné součásti z odlitku z tvárné litiny a polotovaru z bloku oceli [3]

| Metoda obrábění | Úspory nákladů na obrábění při použití tvárné litiny [%] |
|------------------------------|--|
| Frézování | 71% |
| Řezání závitů | 69% |
| Vrtání a vystružování | 57% |

Význam obrobiteľnosti litín je umocňován snahami po zvýšení jejich pevnosti, přičemž obrobiteľnost materiálu chápeme jako schopnost materiálu podrobiť se obrábění řeznými nástroji. Tato schopnost je výslednicí vlivů různých faktorů a u tvárných litín je všeobecně velmi dobrá. K hodnocení obrobiteľnosti se používají četná kritéria, jako jsou životnost nástroje, řezná síla a jakost povrchu [2].

Tvorba třísky má pro obrábění tvárné litiny jisté anomálie ve srovnání s tvorbou třísky při obrábění šedé litiny, popřípadě oceli. Při obrábění feritických tvárných litín vzniká plynulá, nebo dělená tříška. Při malých posuvech je potom tendence ke vzniku plynulejší třísky [2].

Rozdíly v obrobiteľnosti jednotlivých litín jsou při použití slinutých karbidů podstatně větší než při obrábění rychlořeznými ocelmi.

1.2 Metody obrábění součásti konzola a jejich trendy

1.2.1 Frézování

První metodou obrábění, se kterou se setkáme v této práci je frézování. Jde o metodu, při které se materiál obrobku odebírá břity otáčejícího se nástroje. Posuv je nejčastěji konán součástí, převážně ve směru kolmém k ose nástroje. U moderních obráběcích center a víceosých CNC frézek jsou posuvové pohyby plynule měnitelné a mohou se realizovat ve všech směrech. Řezný proces je přerušovaný, přičemž každý zub frézy odřezává krátké třísky s proměnnou tloušťkou. Z technologického hlediska se dle použitého nástroje rozlišuje frézování na válcové a čelní. Od těchto se pak odvozují další způsoby frézování [1].

Frézovací stroje jsou dodávány ve velkém počtu modelů a velikostí. Zpravidla se člení do čtyř základních skupin – konzolové, stolové, rovinné a speciální. Z hlediska řízení pracovního cyklu se frézky dělí na ovládané ručně a řízené programově, jenž jsou součástí strojového parku většiny středních a velkých firem. Ručně ovládané frézky jsou ve větších firmách většinou vlastněny maximálně po jednom kusu, kvůli možnosti zhotovení náhradních dílů pro svoje výrobky. V současnosti se většina obrábění frézováním uskutečňuje na obráběcích centrech řízených CNC-řízením [1].

Velikost frézky určuje šířka upínací plochy stolu a velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje, v našem případě HSK-A [1].

Současným trendem frézování tvárné litiny je obrábění pomocí nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů s povlakem, zajišťujícím lepší řezné vlastnosti a tepelnou odolnost. Budoucnost frézování je bezesporu v nástrojích vhodných pro hrubovací a dokončovací operace jedním nástrojem a monolitních frézách z keramiky na bázi nitridu křemíku s povlakem prodlužujícím trvanlivost a snižujícím teplotu vznikající mezi nástrojem a obrobkem.



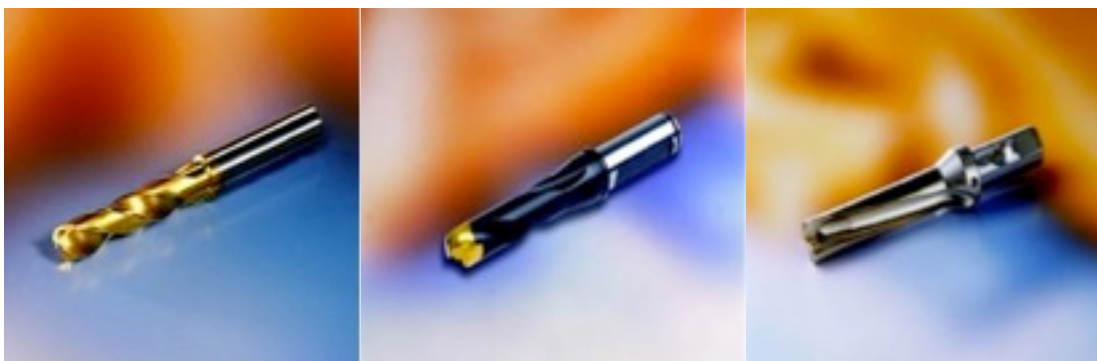
Obr. 1.1 Fréza s vyměnitelnými břitovými destičkami [5]

1.2.2 Vrtání

Vrtání je metoda využívaná k obrábění válcových děr. Jejím charakteristickým znakem je použití rozměrového nástroje, který svým tvarem a technologickými vlastnostmi výrazně ovlivňuje parametry obrobené díry. Ve většině případů se využívají vícebřité nástroje. Pomocí výrobní metody vrtání se dají zhotovovat nebo zvětšovat již předvrtané díry. Ve většině případů vykonává hlavní rotační pohyb nástroj, méně často pak obrobek. Osa nástroje je obvykle kolmá k ploše, ve které vstupuje nástroj do materiálu obrobku a posuv probíhá v jejím směru [1].

Vrtání, se nejčastěji provádí na vrtačkách a obráběcích centrech s CNC-řízením. Vrtačky se podle konstrukčního provedení člení na stolní, sloupové, stojanové, otočné, vodorovné a speciální [1].

V dnešní době se můžeme setkat s několika variantami nástrojů pro vrtání. Patří mezi ně monolitní vrtáky z rychlořezných ocelí, monolitní karbidové vrtáky s povlakem. Dále vrtáky s pájenou tvrdokovovou špičkou, nebo vyměnitelnou řeznou korunkou. Poměrně novým trendem jsou potom vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů a povlakem pro lepší řezné vlastnosti. Budoucnost vrtání značně ovlivní hledání nových vhodných povlaků a způsobu jejich nanesení.



Obr. 1.2 Monolitní karbidový vrták, vrták s vyměnitelnou korunkou a vrták s VBD [5]

1.2.3 Vystružování

Při vystružování se využívají analogické pohyby nástroje pro dosažení vyšších kvalitativních parametrů obráběných děr. Vlastností všech nástrojů na obrábění děr je, že se zmenšuje jejich řezná rychlost od obvodu směrem ke středu nástroje. Za tu se potom zpravidla považuje obvodová rychlost na maximálním průměru výstružníku. Výstružníky se využívají při vyšších požadavcích na parametry přesnosti díry [1].

Výstružníky jsou vícebřité nástroje, které se upínají pomocí válcové, nebo kuželové stopky. Výstružníky se vyrábějí jako pevné ocelové monolitní nástroje nebo nástroje s vyměnitelnou řeznou hlavičkou upevněnou na těle výstružníku. Dalším druhem jsou výstružníky se stavitelnými zuby. Zde jsou vyměnitelné řezné destičky s břity ze slinutých karbidů posuvné v drážkách na kuželové ploše těla nástroje. Posouváním destiček v axiálním směru se mění průměr výstružníku [1]. Řezné destičky se vyrábějí z řezné keramiky a karbidů s možností povlaku.



Obr. 1.3 Výstružník s vyměnitelnou řeznou hlavičkou a výstružník s VBD [5]

1.2.4 Obrábění závitů

Poslední metodou obrábění použitou pro výrobu součásti konzola je obrábění závitů. Jedná se o speciální metodu obrábění, kdy závitů představují prvky plnící různé spojovací nebo pohybové funkce. Závitů se řezou pomocí závitníků, závitových čelistí a závitových hlav, obrábí se soustružením a frézováním, přesné závitů se brousí, nebo lapují [1].

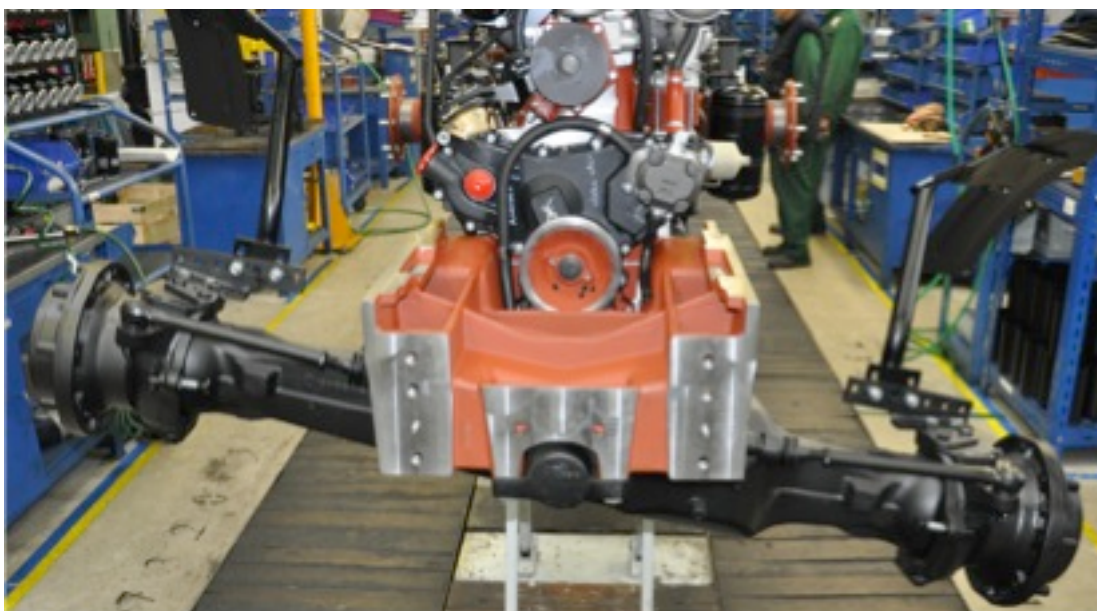
Součást má mnoho vnitřních závitů. Ty se řezou pomocí závitníků, což jsou v podstatě šrouby, na nichž jsou vytvořeny břity s jednou až osmi přímými nebo šroubovitými drážkami. Do závitů M60 se používají závitníky se stopkou, která může být krátká díky tomu, že závitník snese větší namáhání na krut [1].

Závitníky pro řezání v tvárné litině se většinou vyrábí z rychlořezných ocelí s povlakem zaručujícím lepší tepelnou odolnost, odolnost proti opotřebení a tvrdost.

Vnitřní závitů je možné obrábět i soustružením pomocí závitových nožů. Dále frézováním pomocí hřebenové frézy, nebo monolitních závitových fréz, které se dají s výhodou použít na moderních obráběcích centrech. Poslední metodou je broušení pomocí brusných kotoučů.

2 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE SOUČÁSTI KONZOLA PŘEDNÍ HNACÍ NÁPRAVY

Konzola přední hnací nápravy je součástí samonosné konstrukce traktoru a slouží jako opora a nosný díl pro přední hnací nápravu, soustavu chladičů a nádržku s provozní kapalinou. Slouží také k upevnění přídatných zemědělských a jiných zařízení pomocí předního vývodového hřídele, který slouží jako pohon nářadí připojeného na přední tříbodový závěs. Z čelní strany traktoru se tak může připevnit nářadí jako závaží, zvedák, smeták, nebo pluh. Konzola je upevněna k rámu nosící motor, jež je součástí nosného podvozku, na který se upevňuje karoserie traktoru.



Obr. 2.1 Upevnění nápravy na konzole

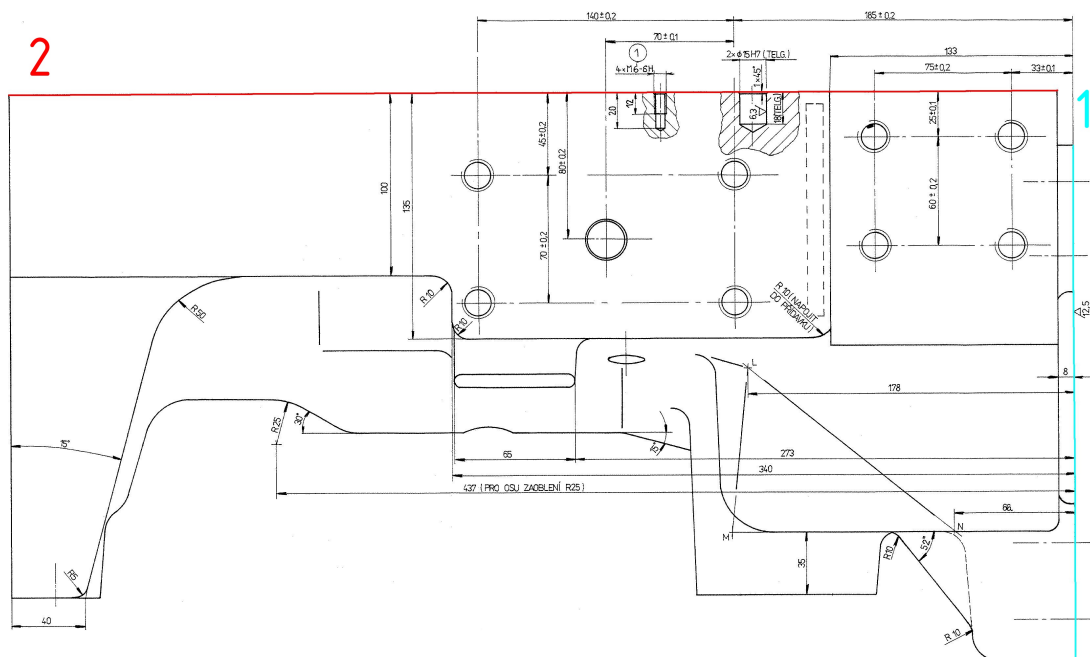
Hodnocení technologičnosti se provádí z hlediska hospodárnosti výroby. Má za úkol posoudit, jak součást vyrobit co nejproduktivněji tak, aby dosáhla požadované jakosti a tvaru. Technologičnost konstrukce součásti konzola ovlivňuje několik faktorů. Patří mezi ně druh materiálu obrobku, upnutí obrobku, volba základen, rozměrová přesnost, přesnost geometrického tvaru a drsnost obrobených ploch. V následujících podkapitolách se tato práce zabývá rozbořem jednotlivých prvků součásti s návazností na zmíněné faktory technologičnosti.

2.1 Materiál obrobku

Jak již bylo zmíněno v první kapitole, součást je odlita z tvárné feritické litiny s označení ČSN 42 2304. Jedná se o globulární litinu, tedy materiál tvořící krátkou třísku. Dle klasifikace ISO pro použití slinutých karbidů spadá do skupiny materiálů K, které bývají označeny červenou barvou. Litina má tvrdost 150 až 200 HB. Je vhodná na odlitky součástí silničních a zemědělských strojů, tělesa armatur a jiné [3]. Obrobitelnost tvárné litiny je velmi dobrá.

2.2 Upnutí obrobku

Nejhospodárnější variantou obrobení součásti je obrábění ve 2 fázích (dále také operacích), což umožňuje otočná paleta pracovního prostoru obráběcího centra. V každé operaci leží obrobek na upínací základně a je upnut upínačem k paletě stroje. Technologická základna, kterou tvoří rovina zadních náliček, je zvolena jako upínací základna pro první operaci. Na obr. 2.2 je označena číslem 1 a modrou barvou. Pro druhou operaci je potom upínací základnou rovina plochy sloužící k upevnění kapoty stroje pomocí soustavy šroubů. Na obr. 2.2. je označena číslem 2 a červenou barvou.

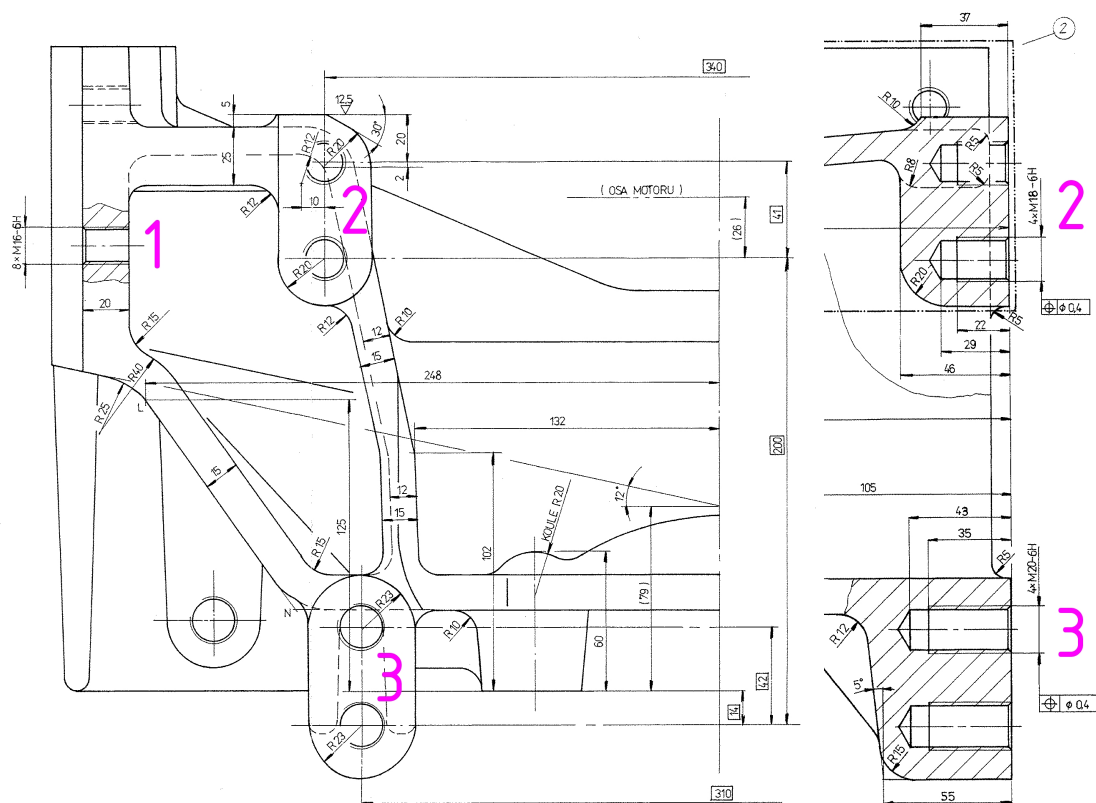


Obr. 2.2 Upínací základny

2.3 Rozbor obráběných prvků

Rozbor prvků je hodnocen z hlediska rozměrové přesnosti, přesnosti geometrického tvaru, drsnosti obrobených ploch a vztahu k proti-součásti. Takto řešený rozbor pomáhá zvolit správné metody obrábění a nástroje, jež budou pro jednotlivé metody nejvhodnější a nejekonomičtější.

2.3.1 Díry a závity



Obr. 2.3 Rozbor obráběných prvků 1, 2 a 3

Prvek č. 1

Vnitřní průchozí metrický závit M16-6H, který se bude zhotovovat 4x na levém osazení a 4x na pravém osazení součásti 3. U vzdáleností mezi středy jednotlivých závitů je požadována rozměrová tolerance $\pm 0,2$ mm.

Závity slouží k upnutí bočního nosníku, který zesiluje samonosnou konstrukci traktoru. Nosník je výbavou na zakázku.

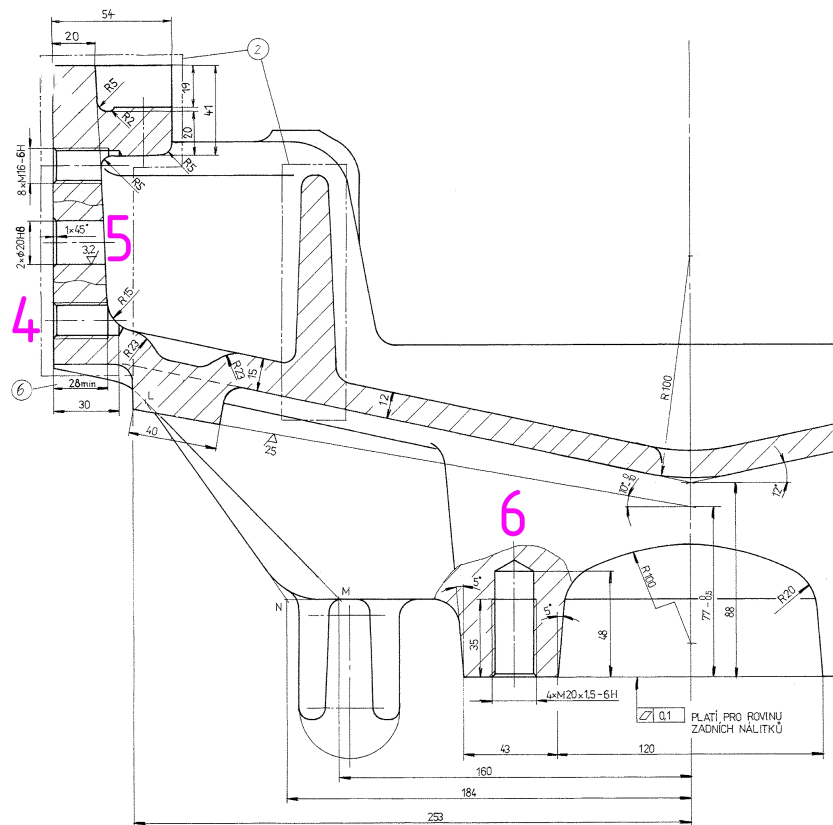
Variantou, jak zhrášodárnit proces obrábění, je obrábět závity pouze u těch kusů, které jsou určeny pro traktory s navoleným nosníkem. Tato varianta

je ovšem velmi náročná na logistiku a znemožňuje v budoucnu opatřit traktor nosníkem.

Prvek č. 2 a 3

Vnitřní metrické závity M18-6H a M20-6H s výběhy. Budou se obrábět 2x na levých a 2x na pravých nálitcích **1** a **2**. U závitů je požadována geometrická tolerance jmenovité polohy prvku 0,4 mm.

Závity slouží k upevnění bloku motoru pomocí šroubů.



Obr. 2.4 Rozbor obráběných prvků 4, 5, 6

Prvek č. 4

Vnitřní metrický závit M16-6H s výběhem. Závit se bude obrábět 4x na levé bočnici a 4x na pravé bočnici **4**. U vzdáleností mezi středy jednotlivých závitů je požadována rozměrová tolerance $\pm 0,2$ mm.

Závity slouží k upevnění ramen předního závěsu pomocí 4 šroubů. Stejně jako u prvku č. **1** se jedná o výbavu na zakázku a tudíž je možnost zhospodárnit obráběcí proces, který spočívá ve vrtání děr a řezání závitů. Ovšem i zde platí to, co v předchozím případě. Z důvodů složité logistiky a

nemožného zpětného upevnění předního závěsu je tato varianta pro firmu Zetor i zákazníkovi nevhodná.

Prvek č. 5

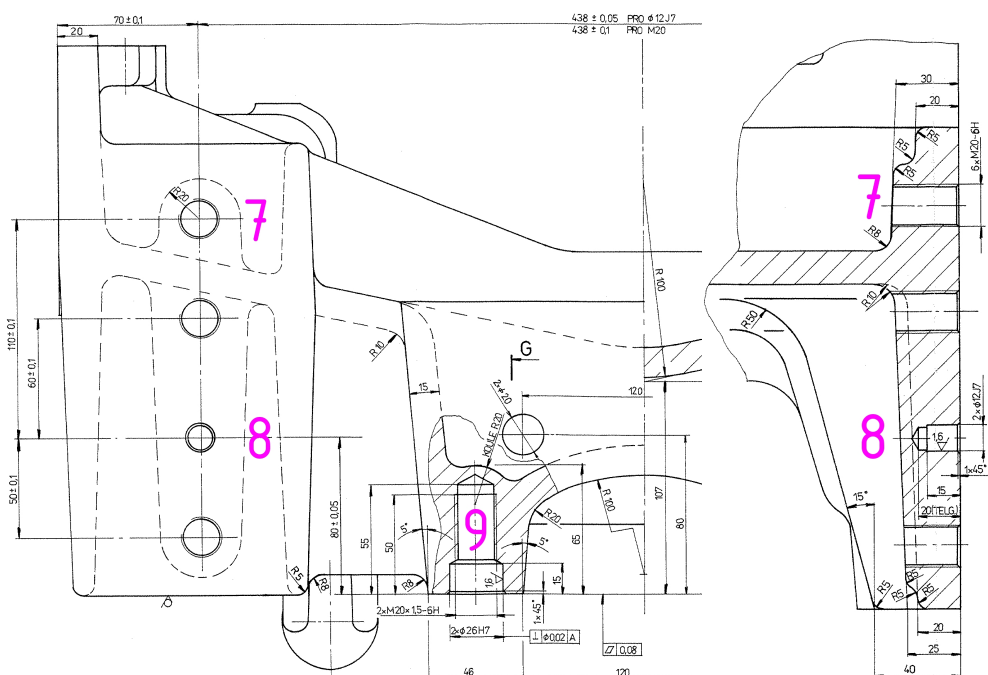
Díra $\varnothing 20H8$ se bude obrábět 2x na levé bočnici a 2x na pravé bočnici 4. Na díru je kladen požadavek struktury povrchu $Ra\ 3,2\ \mu m$ a rozměrová tolerance od jejího středu k upínací základně 2 je $\pm 0,2\ mm$.

Díra slouží k ustavení dílu do přesné polohy pomocí kolíku.

Prvek č. 6

Vnitřní metrický závit M20x1,5-6H s výběhem se bude obrábět 2x na levém a 2x na pravém nálitku 7. Je požadována rozměrová přesnost mezi středy závitů na nálitcích $\pm 0,2\ mm$ a $\pm 0,1\ mm$ mezi středy závitů levého a pravého nálitku.

Závity slouží k upevnění přední hnací nápravy.



Obr. 2.5 Rozbor obráběných prvků 7, 8, 9

Prvek č. 7

Vnitřní průchozí metrický závit M20-6H se bude řezat 3x na levé a 3x na pravé dosedací ploše 5. U závitů je kladen požadavek na rozměrovou přesnost mezi středy jednotlivých závitů $\pm 0,1\ mm$.

Závity slouží k upevnění konzoly závaží.

Prvek č. 8

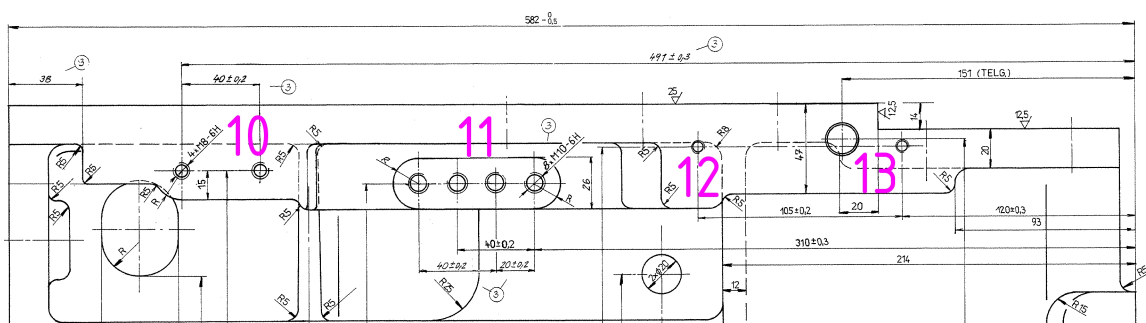
Díra $\varnothing 12J7$ se bude obrábět 1x na levé a 1x na pravé dosedací ploše **5**. Na díru je kladen požadavek struktury povrchu $R_a 1,6 \mu\text{m}$. Rozměrová přesnost od jejího středu ke středu závitu M20-6H je požadována $\pm 0,1 \text{ mm}$.

Díra slouží k ustavení dílu do přesné polohy pomocí kolíku.

Prvek č. 9

Vnitřní metrický závit M20x1,5-6H se zahloubením $\varnothing 26H7$ a výběhem se bude obrábět 1x na levé a 1x na pravé ploše **9**. Na zahloubení je kladen požadavek struktury povrchu $R_a 1,6 \mu\text{m}$ a geometrické tolerance kolmosti $0,02 \text{ mm}$ k základně A, která je proložena nálitky s plochami **9**. Dále je mezi středy závitů jednotlivých ploch požadována rozměrová přesnost $\pm 0,1 \text{ mm}$ a mezi středy zahloubení $\pm 0,03 \text{ mm}$.

Závity slouží k upevnění přední hnací nápravy.



Obr. 2.6 Rozbor obráběných prvků 10, 11, 12 a 13

Prvek č. 10

Vnitřní metrický závit M8-6H s výběhem se bude obrábět 2x na levé a 2x na pravé ploše **11**. Rozměrová tolerance mezi středy závitů je $\pm 0,2 \text{ mm}$.

Závity slouží k upnutí kapoty chladičů.

Prvek č. 11

Vnitřní metrický závit M10-6H s výběhem se bude obrábět 4x na levé a 4x na pravé ploše **12**. Mezi středy závitů je požadována rozměrová přesnost $\pm 0,2 \text{ mm}$.

Závity slouží k upnutí chladiče. Zetor do svých traktorů montuje několik typů chladičů, z nichž každý vyžaduje jiný počet závitů pro jejich upnutí. 4 závity jsou univerzální počet. Variantou pro zhospodárnění procesu je obrábět

jen potřebný počet závitů. Tato varianta je ovšem složitá z důvodu složitě logistiky.

Prvek č. 12

Vnitřní metrický závit M6-6H s výběhem se bude obrábět 2x na levé a 2x na pravé ploše **11**. Mezi středy závitů je požadována rozměrová přesnost $\pm 0,2$ mm.

Závity slouží k upnutí kapoty chladičů.

Prvek č. 13

Díra $\varnothing 15H7$ se bude obrábět 1x na levé a 1x na pravé ploše **11**. Na díru je kladen požadavek struktury povrchu $Ra\ 6,3\ \mu\text{m}$. Požadavek rozměrové přesnosti od jejího středu ke technologické základně **1** je $\pm 0,1$ mm.

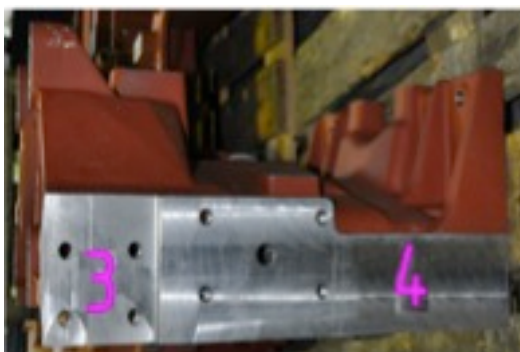
Díra slouží k ustavení dílu do přesné polohy pomocí kolíku.

2.3.2 Plochy



Obr. 2.7 Rozbor strany F

Plochy nálitků **1** a **2** slouží jako dosedací plochy pro upevnění bloku motoru. Požaduje se odebrání materiálu a struktura povrchu $Ra\ 12,5\ \mu\text{m}$. Případné přesazení se vymezí podložkami.



Obr. 2.8 Rozbor stran C a D

Osazení **3** plní funkci dosedací plochy pro boční nosník. Je vyžadováno odebrání materiálu a struktura povrchu $Ra\ 12,5\ \mu\text{m}$. Bočnice **4** slouží jako podpora a dosedací plocha pro ramena předního závěsu. Požadovaná struktura povrchu je $Ra\ 25\ \mu\text{m}$.



Obr.2.9 Rozbor strany E

Plochy nálitků **5** a **6** jsou dosedacími místy pro konzoli závaží, jež je upevněna na přední části traktoru. Na plochy je kladen požadavek struktury povrchu Ra 12,5 μm .



Obr. 2.10 Rozbor strany A

Na plochu nálitku **7** dosedá přední hnací náprava. Je požadována tvarová tolerance rovinnosti 0,1 mm. Tolerance platí pro rovinu zádních nálitků **1** a **2**. Plocha nálitku **8** slouží jako doraz pro výkyv nápravy. Na plochu nálitku **9** je kladen požadavek tvarové tolerance rovinnosti 0,08 mm vztažené k základně A, jež prochází oběma předními nálitky. U ploch **7** a **9** je požadována struktura povrchu Ra 6,3 μm , u plochy **8** potom Ra 25 μm .



Obr. 2.11 Rozbor strany B

Plochy **10**, **11** a **12** mají stanovenou strukturu povrchu Ra 12,5 μm . Rovina **11** je dosedací plochou kapoty traktoru a plechu pro kryt chladičů. Plocha **12**, na níž je soustava závitů M 10, slouží jako dosedací místo pro chladič.

3 NÁVRH VARIANT MOŽNÉHO ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE VÝROBY

Firma Zetor disponuje několika stroji, na nichž je možné vyrábět součást konzola přední hnací nápravy. V této kapitole jsou rozebrány jednotlivé stroje a návrhy možných řešení technologie na těchto strojích.

3.1 Varianta 1

První možnou variantou je použití frézky a horizontální vrtačky. Tyto stroje jsou součástí dílny „Mechanika“ a firma Zetor je potřebuje pro případ zhotovení náhradních dílů pro starší typy traktorů. Pro operaci 01/01 a 03/03 je potřeba zhotovit polohovací přípravek, umožňující náklon potřebný pro obrobení plochy **8**, pod úhlem 10° .

V tabulce 3.1 je uveden rámcový technologický postup pro frézku FGS 50/60 TOS Kuřim, která disponuje možností přepnout vřeteno do horizontální polohy.

Tab. 3.1 Rámcový technologický postup varianty 1 - frézka

| Číslo op. | Poloha obrobku | Nástroj | Popis práce |
|--------------|----------------|---------|--|
| 01/01 | 0° | Fréza | Frézovat plochy 3 a 4 na straně C |
| | 90° | Fréza | Frézovat plochy 7 , 8 a 9 na straně A |
| | 180° | Fréza | Frézovat plochy 3 a 4 na straně D |
| | 270° | Fréza | Frézovat plochy 10 , 11 a 12 na straně B |
| 02/02 | 0° | Fréza | Frézovat plochy 1 a 2 na straně F |
| | 180° | Fréza | Frézovat plochy 5 a 6 na straně E |

V tabulce 3.2 je uveden rámcový technologický postup pro horizontální vrtačku vybavenou odměřovacím pravítkem.

Tab. 3.2 Rámcový technologický postup varianty 1 – horizontální vrtačka

| Číslo op. | Poloha obrobku | Nástroj | Popis práce |
|--------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|
| 03/03 | 0° | Vrták | Vrtat 9x díru pro 1, 4 a 5 |
| | | Závitník | Řezat 8x závit 1 a 4 |
| | | Výstružník | Vystružovat 1x díru 5 |
| | 90° | Vrták | Vrtat 6x díru pro 6 a 9 |
| | | Závitník | Řezat 6x závit 6 a 9 |
| | | Vrták | Vrtat 9x díru pro 1, 4 a 5 |
| | 180° | Závitník | Řezat 8x závit 1 a 4 |
| | | Výstružník | Vystružovat 1x díru 5 |
| | | Vrták | Vrtat 18x pro 10, 11, 12 a 13 |
| | 270° | Závitník | Řezat 16x závity 10,11 a 12 |
| | | Výstružník | Vystružovat 2x 13 |
| | | 04/04 | 0° |
| Závitník | Řezat 8x závit 2 a 3 | | |
| | 180° | Vrták | Vrtat 8x díru pro 7 a 8 |
| | | Závitník | Řezat 6x závit 7 |
| | | Výstružník | Vystružovat 2x díru 8 |



Obr. 3.1 Frézka FGS 50/60 TOS Kuřim

3.1.1 Vyhodnocení varianty

Realizace varianty 1 by byla časově velmi náročná. Vyžadovala by častou ruční výměnu nástrojů a přepínání součástí do upínačů. Bylo by potřeba zhotovit polohovací přípravek, což by bylo finančně náročné. Tato varianta by byla složitá z hlediska přemísťování obrobku mezi jednotlivými pracovišti. V dnešní době je sériová výroba součásti konzola na těchto typech strojů nemyslitelná z důvodu své nehospodárnosti.

3.2 Varianta 2

Další možnou variantou je použití obráběcího centra Makino A81, jenž je svými rozměry pracovního prostoru a palety vhodný pro obrábění součásti konzola. Výroba na stroji Makino A81 by měla totožný technologický postup s výrobou na stroji StarragHeckert. Stroj Makino A81 je vybaven CNC-řízením Fanuc.

3.2.1 Vyhodnocení varianty

Realizace varianty 2 je nemožná z důvodu směnové vytíženosti stroje. Tato varianta však může být záložní v případě poruchy obráběcího centra StarragHeckert.

3.3 Varianta 3

Poslední možnou variantou je výroba na obráběcím centru StarragHeckert HEC 800 Athletic, jenž svou otočnou paletou umožňuje obrábět odlitek na pouhé 2 operace.

Možnost, jak zkrátit celkový čas operací, je frézovat plochy s požadovanou strukturou povrchu Ra 12,5 μm až 25 μm pouze hrubováním. Při ladění součásti na stroji ale vznikl problém s neschopností dosáhnout při hrubování požadovaných rozměrových přesností. Proto bylo do technologického postupu součásti začleněno dokončování těchto ploch. U dokončených ploch s finální strukturou povrchu Ra 3,2 μm byl tento problém eliminován.

Další možností zkrácení strojního času je neobrábět prvky **1, 4 a 5**. Tyto prvky jsou určeny pro montáž komponentů, které jsou součástí nadstandardní výbavy traktoru a ne každý zákazník je vyžaduje. Takové členění výroby součástí by bylo z hlediska logistiky velice náročné. Navíc, jak je zmíněno v druhé kapitole, by takto obrobené součásti pozbývaly možnost zpětné montáže těchto komponentů.

3.3.1 Vyhodnocení varianty

Realizace varianty 3 je v současnosti jedinou možností výroby součásti konzola. Z ekonomického hlediska je nejvýhodnější.

4 TECHNOLOGICKÝ POSTUP PRO ZVOLENOU VARIANTU, NÁVRH ŘEŠENÍ NC PROGRAMU

Tato kapitola se zabývá zhotovením technologického postupu součásti pro zvolenou variantu technologie výroby 3.

Součást konzola přední hnací nápravy se bude vyrábět na obráběcím centru StarragHeckert HEC 800 Athletic a bude probíhat ve dvou operacích 01/01 a 02/02, pro které je potřeba zhotovit upínače dle jednotlivých upínacích základen, řešených v druhé kapitole této práce. Finální očištění součásti probíhá v operaci 03/03 pomocí průběžné pračky PPS 1000 x 800 Kovofiniš. Stroje jsou umístěny v těsné blízkosti v dílně "mechanika" firmy Zetor. V poslední operaci 04/04 se provádí měření, kontrola a čištění na ručním pracovišti. Technologický postup je zhotoven dle výkresů 15.203.001 1/2 a 15.203.001 2/2.

Přepočet řezných podmínek pro NC program, jenž byl sestaven s pomocí příručky programování SINUMERIK 840D/840Di/810D [18], je dán následujícími vztahy.

- Výpočet posuvové rychlosti v_f pro frézování a vystružování

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (4.1)$$

- Výpočet posuvové rychlosti v_f pro řezání závitů

$$v_f = P \cdot n \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (4.2)$$

- Výpočet posuvové rychlosti v_f pro vrtání

$$v_f = f \cdot n \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (4.3)$$

- Výpočet řezné rychlosti v_c

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (4.4)$$

- Výpočet otáček n

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} \text{ [min}^{-1}] \quad (4.5)$$

4.1 Operace 01/01

V první operaci je součást upnuta svisle a opracovává se ze 4 stran. Postup prací v operaci je následující:

1. Vyrazit identifikační čísla součásti
2. Očistit dosedací plochy pro operaci 01/01
3. Upnout surový odlitek
4. Obrábět strany A, B, C, D (dle NC programu)
5. Po obrobení očistit a brouskem odstranit otřepy na dosedacích plochách pro operaci 02/02

4.1.1 Použité nástroje

Tab. 4.1 Použité nástroje, rychlost posuvu a celkové časy v operaci 01/01

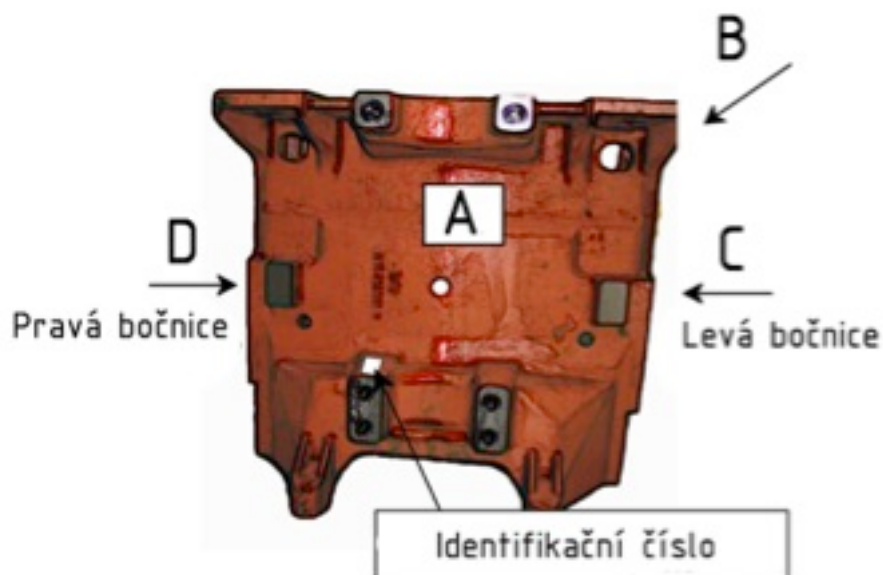
| Označení nástroje | Nástroj | V_f [mm/min ⁻¹] | t_c [min/ks] |
|-------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------|
| T1 | Fréza ø80 mm | 850 | 4,33 |
| T2 | Fréza hrubovací ø125 mm | 1160 | 8,28 |
| T3 | Fréza dokončovací ø125 mm | 1280 | 2,05 |
| T4 | Fréza ø32 mm | 245 | 1,17 |
| T6 | Vrták ø19,7 mm | 355 | 0,48 |
| T8 | Vrták ø8,5 mm | 860 | 0,60 |
| T10 | Vrták ø14 mm | 525 | 1,88 |
| T11 | Vrták ø6,8 mm | 850 | 0,98 |
| T13 | Vrták ø5 mm | 750 | 0,45 |
| T14 | Vrták ø18,5 mm | 389 | 0,86 |
| T15 | Vrták ø14,7 mm | 476 | 0,38 |
| T16 | Vrták ø18,5/25,7 mm | 320 | 0,60 |
| T17 | Navrtávák ø29,4 mm | 270 | 0,43 |
| T18 | Výstružník ø20H8 | 140 | 0,78 |
| T20 | Výstružník ø26H7 | 115 | 0,55 |
| T21 | Výstružník ø15H7 | 151 | 0,52 |
| T22 | Závitník M10-6H | 1194 | 0,93 |
| T23 | Závitník M16-6H | 994 | 2,03 |
| T24 | Závitník M8-6H | 1244 | 0,53 |
| T26 | Závitník M6-6H | 1062 | 0,50 |
| T28 | Závitník M20x1,5-6H | 600 | 1,30 |
| Σt_c | | | 29,63 |

Čas t_c uvedený v tabulce 4.1 je celkový čas nástroje, strávený v pracovním prostoru stroje (strojní čas t_{as} plus čas výměny nástroje t_v 0,1 minut).

Časové informace byly získány náměrovou metodou při ladění součásti na obráběcím centru. Pokud by se strojní čas počítal numericky, platil by vztah:

$$t_{as} = \frac{L}{v_f} \text{ [min]} \quad (4.6)$$

4.1.2 Popis práce v operaci a návrh NC programu



Obr. 4.1 Popis součásti pro NC program

Nastavení nulových bodů obrobku pro jednotlivé strany obrobku, vypnutí upínací hydrauliky a definování proměnné ZT.

N10 DEF REAL ZT

N20 M25

N30 ; G54 - 0 stupňů, X0, Y160, Z105, pro spodní stranu **A**

N40 \$P_UIFR[1]=CTTRANS(X,0,Y,160,Z,105,B,0)

N50 ; G55 - 90 stupňů, X172, Y160, Z289, pro levou bočnici a levou hranu **C**

N60 \$P_UIFR[2]=CTTRANS(X,171.8,Y,160.2,Z,288.8,B,0)

N70 ; G56 - 180 stupňů, X0, Y160, Z172, pro horní stranu **B**

N80 \$P_UIFR[3]=CTTRANS(X,0,Y,160,Z,171.6,B,0)

N90 ; G57 - 270 stupňů, X-172, Y160, Z289, pro pravou bočnici a pravou hranu **D**

N140 \$P_UIFR[4]=CTTRANS(X,-171.8,Y,160.2,Z,288.9,B,0)

**Frézovat pravou a levou bočnici, pravé a levé osazení na stranách C a D.
Frézovat horní stranu B. Nástrojem T2.**

N200 T2

N210 L300

N220 STOPRE

N230 S370 F1160 M3 T4

N240 G55 G0 G90 B=DC(90)

N250 X-120 Y670

N260 ZT=3

N270 FREZA_BOCNICE_L:

N280 G0 Z=ZT

N290 G1 Y120

N300 G0 Z=ZT+10

N310 G0 X-30 Y670

N320 G0 Z=ZT

N330 G1 Y120

N340 G0 Z=ZT+10

N350 END:

N360 ZT=0.25

N370 X-120 Y670

N380 REPEAT FREZA_BOCNICE_L END

N390 ZT=-10 ;

N400 X-225 Y0

N410 FREZA_BOCNICE_L_OSAZENI:

N420 G0 Z=ZT

N430 G1 X10

N440 G0 Z10

N450 G0 X-225 Y70.5

N460 G0 Z=ZT

N470 G1 X10

N480 G0 Z10

N490 END:

N500 ZT=-14

N510 X-225 Y0

N520 REPEAT FREZA_BOCNICE_L_OSAZENI END

N530 G0 Z450

N540 G57 G0 G90 B=DC(270)

N550 X0 Y670

N560 ZT=3

N570 FREZA_BOCNICE_P:

N580 G0 Z=ZT

N590 G1 Y120

```
N600 G0 Z=ZT+10
N610 G0 X90 Y670
N620 G0 Z=ZT
N630 G1 Y120
N640 G0 Z=ZT+10
N650 END:

N660 ZT=0.25
N670 X0 Y670
N680 REPEAT FREZA_BOCNICE_P END

N690 ZT=-10
N700 X-80 Y0
N710 FREZA_BOCNICE_P_OSAZENI:
N720 G0 Z=ZT
N730 G1 X150
N740 G0 Z=10
N750 G0 X-80 Y70.5
N760 G0 Z=ZT
N770 G1 X150
N780 G0 Z=10
N790 END:

N800 ZT=-14 ;
N810 X-80 Y0
N820 REPEAT FREZA_BOCNICE_P_OSAZENI END

N830 G0 Z450
N840 G56 G0 G90 B=DC(180)
N850 X-300 Y665
N860 ZT=3.5
N870 FREZA_HORNI_STRANA:
N880 G0 Z=ZT
N890 G0 G42 X-215
N900 G1 Y200
N910 G1 X-235.5
N920 G1 Y44
N930 G0 Z=ZT+200
N940 G0 G40 X300 Y665
N950 G0 Z=ZT
N960 G0 G41 X215
N970 G1 Y200
N980 G1 X235.5
N990 G1 Y44
N1000 G0 Z=ZT+200
N1010 G0 G40 X300
N1020 END:
N1030 ZT=0.5 ;
N1040 X-300 Y665
```

N1050 REPEAT FREZA_HORNI_STRANA END
N1060 G0 Z600

Frézovat levý a pravý oválný nálitek pro 8x M10-6H na horní straně B. Nástrojem T4.

N1080 L300
N1090 STOPRE
N1100 S795 F245 M3 T1
N1110 G56 G0 G90 B=DC(180) M8
N1120 X-205 Y375 M75
N1130 G0 Z0
N1150 G0 Z-19
N1160 G1 X-248
N1170 G1 Y310
N1180 G0 Z200
N1190 X205 Y375
N1200 G0 Z0
N1220 G0 Z-19
N1230 G1 X248
N1240 G1 Y310
N1250 G0 Z600 M9

Frézovat horní stranu B. Frézovat 2 šikmé nálitky pod úhlem 10° a 4 nálitky pro M20x1,5 na spodní straně A. Nástrojem T1.

N1270 L300
N1280 STOPRE
N1290 S477 F850 M3 T3
N1300 G56 G0 G90 B=DC(180) M8
N1310 ZT=0.0
N1320 X-300 Y665
N1330 REPEAT FREZA_HORNI_STRANA END
N1340 G0 Z450
N1350 G54 G0 G90 B=DC(0)
N1360 F600
N1370 X-80 Y650

N1380 ZT=2.5
N1390 FREZA_NALITEK_4X:
N1400 G0 Z=ZT
N1410 G1 Y560 ;
N1420 G0 Z=ZT+10
N1430 G0 X80 Y650
N1440 G0 Z=ZT
N1450 G1 Y562
N1460 G0 Y270
N1470 G1 Y133

N1480 G0 Z=ZT+10
N1490 G0 X-80 Y270
N1500 G0 Z=ZT
N1510 G1 Y133
N1520 G0 Z=ZT+10
N1530 END:

N1540 ZT=0.0
N1550 X-80 Y650
N1560 REPEAT FREZA_NALITEK_4X END

N1570 G0 Z450
N1580 G54 G0 G90 B=DC(350.1)
N1600 X-335 Y305
N1610 G0 Z-75
N1620 G1 X-220
N1630 G0 Z-70
N1640 G0 X-335
N1650 G0 Z-77
N1660 G1 X-220
N1670 G0 Z450
N1680 G54 G0 G90 B=DC(10)
N1700 X335 Y305
N1710 G0 Z-75
N1720 G1 X220
N1730 G0 Z-70
N1740 G0 X335
N1750 G0 Z-77
N1760 G1 X220
N1770 G0 Z600 M9

Frézovat pravou a levou bočnici na stranách C a D. Nástrojem T3.

N1780 L300
N1800 STOPRE
N1810 S409 F1280 M3 T17
N1820 G57 G0 G90 B=DC(270) M8

N1830 ZT=0.0
N1840 X0 Y670
N1850 REPEAT FREZA_BOCNICE_P END
N1860 G0 Z450
N1870 G55 G0 G90 B=DC(90)

N1880 ZT=0.0
N1890 X-120 Y670
N1900 REPEAT FREZA_BOCNICE_L END
N1910 G0 Z600 M9

**Navrtat 2x díru pro $\varnothing 20H8$ do hloubky 6,1 mm na stranách C a D.
Nástrojem T17.**

N1920 L300
N1940 STOPRE
N1950 S810 F270 M3 T10
N1960 G55 G0 G90 B=DC(90)
N1970 Z200 M75
N1980 MCALL CYCLE82(2,0,2,,6.1,0)

N2040 OTVOR_20H8_LEVA:
N2050 X-80 Y255
N2060 END

N2070 MCALL
N2080 G0 Z450
N2090 G57 G0 G90 B=DC(270)
N2100 MCALL CYCLE82(2,0,2,,6.1,0)

N2120 OTVOR_20H8_PRAVA:
N2130 X80 Y255
N2140 END:

N2150 MCALL
N2160 G0 Z600 M9

**Vrtat 16x díru pro závity M16-6H do hloubky 30 mm na stranách C a D.
Nástrojem T10.**

N2170 L300
N2190 STOPRE
N2200 S2275 F525 M3 T6
N2210 G57 G0 G90 B=DC(270)
N2220 Z200 M75
N2230 MCALL CYCLE82(2,0,2,,30,0)

N2290 ZAVIT_M16_PRAVA:
N2300 X45 Y325
N2310 X115 Y325
N2320 X115 Y185
N2330 X45 Y185
N2340 END:

N2350 MCALL
N2360 MCALL CYCLE82(2,-14,2,,30,0)

N2420 ZAVIT_M16_PRAVA_OSAZENI:
N2430 X25 Y108
N2440 X85 Y108

N2450 X85 Y33

N2460 X25 Y33

N2470 END:

N2480 MCALL

N2490 G0 Z450

N2500 G55 G0 G90 B=DC(90)

N2510 MCALL CYCLE82(2,0,2,,30,0)

N2530 ZAVIT_M16_LEVA:

N2540 X-45 Y325

N2550 X-115 Y325

N2560 X-115 Y185

N2570 X-45 Y185

N2580 END:

N2590 MCALL

N2600 MCALL CYCLE82(2,-14,2,,30,0)

N2620 ZAVIT_M16_LEVA_OSAZENI:

N2630 X-25 Y108

N2640 X-85 Y108

N2650 X-85 Y33

N2660 X-25 Y33

N2670 END:

N2680 MCALL

N2690 G0 Z600 M9

Vrtat 2x díru pro $\varnothing 20H8$ do hloubky 35 mm na stranách C a D.

Nástrojem T6.

N2700 L300

N2720 STOPRE

N2730 S1778 F355 M3 T8

N2740 G55 G0 G90 B=DC(90)

N2750 Z200 M75

N2760 MCALL CYCLE82(2,0,2,,35,0)

N2820 REPEAT OTVOR_20H8_LEVA END

N2830 MCALL

N2840 G0 Z450

N2850 G57 G0 G90 B=DC(270)

N2860 MCALL CYCLE82(2,0,2,,35,0)

N2880 REPEAT OTVOR_20H8_PRAVA END

N2890 MCALL

N2900 G0 Z600 M9

Vrtat 8x díru pro M10-6H do hloubky 25,9 mm na straně B. Nástrojem T8.

N2910 L300
N2930 STOPRE
N2940 S4300 F860 M3 T13
N2950 G56 G0 G90 B=DC(180)
N2960 Z200 M75
N2970 MCALL CYCLE82(2,-19,2,,25.9,0)

N3030 ZAVIT_M10:
N3040 X248 Y370
N3050 X248 Y350
N3060 X248 Y330
N3070 X248 Y310
N3080 X-248 Y310
N3090 X-248 Y330
N3100 X-248 Y350
N3110 X-248 Y370
N3120 END:
N3130 MCALL
N3140 G0 Z600 M9

Vrtat 4x díru pro M6-6H do hloubky 21,5 mm na straně B. Nástrojem T13.

N3150 L300
N3170 STOPRE
N3180 S5000 F750 M3 T11
N3190 G56 G0 G90 B=DC(180)
N3200 Z200 M71
N3210 MCALL CYCLE82(2,0,2,,21.5,0)

N3270 ZAVIT_M6:
N3280 X267 Y225
N3290 X267 Y120
N3300 X-267 Y120
N3310 X-267 Y225
N3320 END:
N3330 MCALL
N3340 G0 Z600 M9

Vrtat 4x díru pro M8-6H do hloubky 21,3 mm na straně B. Nástrojem T11.

N3350 L300
N3370 STOPRE
N3380 S4680 F850 M3 T15
N3390 G56 G0 G90 B=DC(180)
N3400 Z200 M75
N3410 MCALL CYCLE82(2,0,2,,21.3,0)

N3470 ZAVIT_M8:
N3480 X255 Y491

N3490 X255 Y451
N3500 X-255 Y451
N3510 X-255 Y491
N3520 END:
N3530 MCALL
N3540 G0 Z600 M9

Vrtat 2x díru pro $\varnothing 15H7$ do hloubky 21,5 mm na straně B. Nástrojem T15.

N3550 L300
N3570 STOPRE
N3580 S2380 F476 M3 T14
N3590 G56 G0 G90 B=DC(180)
N3600 Z200 M75
N3610 MCALL CYCLE82(2,0,2,,21.5,0)

N3670 OTVOR_15H7:
N3680 X271.05 Y151
N3690 X-271 Y151
N3700 END:
N3710 MCALL
N3720 G0 Z600 M9

Vrtat 4x díru pro M20x1,5-6H do hloubky 52,3 mm na straně A. Nástrojem T14.

N3730 L300
N3750 STOPRE
N3760 S1945 F389 M3 T16
N3770 G54 G0 G90 B=DC(0)
N3780 Z300 M75
N3790 MCALL CYCLE82(2,0,2,,52.3,0)
N3800 ; ODJEZD=2
N3850 ZAVIT_M20X15:
N3860 X80 Y183.1
N3870 X80 Y133.1
N3880 X-80 Y133.1
N3890 X-80 Y183.1
N3900 END:
N3910 MCALL
N3920 G0 Z600 M9

Vrtat 2x díru pro M20x1,5-6H a $\varnothing 26H7$ do hloubky 61,5 mm na straně A. Nástrojem T16.

N3930 L300
N3950 STOPRE
N3960 S1600 F320 M3 T28
N3970 G54 G0 G90 B=DC(0)

N3980 Z200 M75
N3990 MCALL CYCLE82(2,0,2,,61.5,0)
N4050 ZAVIT_M20X15_26H7:
N4060 X83 Y558
N4070 X-83 Y558
N4080 END:
N4090 MCALL
N4100 G0 Z600 M9

Závitovat 2x M20x1,5-6H/26H7 do hloubky 53 mm a 4x M20x1,5-6H do hloubky 38 mm na straně A. Nástrojem T28.

N4110 L300
N4130 STOPRE
N4140 T20
N4150 G54 G0 G90 B=DC(0)
N4160 Z200 M73
N4170 MCALL CYCLE84(5,0,5,,53,,5,,1.5,,400,460,3,1,1222,0,,)
N4260 REPEAT ZAVIT_M20X15_26H7 END
N4270 MCALL
N4280 MCALL CYCLE84(5,0,5,,38,,5,,1.5,,400,460,3,1,1222,0,,)
N4370 REPEAT ZAVIT_M20X15 END
N4380 MCALL
N4390 G0 Z600 M9

Vystružovat 2x díru ø 26H7 do hloubky 15 mm na straně A. Nástrojem T20.

N4400 L300
N4420 STOPRE
N4430 S183 F115 M3 T18
N4440 G54 G0 G90 B=DC(0)
N4450 Z200 M75
N4460 MCALL CYCLE82(3,0,3,,15,0)
N4520 REPEAT ZAVIT_M20X15_26H7 END
N4530 MCALL
N4540 G0 Z600 M9

Vystružovat 2x ø20H8 do hloubky 30 mm na stranách C a D. Nástrojem T18.

N4550 L300
N4570 STOPRE
N4580 S240 F140 M3 T23
N4590 G55 G0 G90 B=DC(90) M8
N4600 Z200 M75
N4610 MCALL CYCLE82(3,0,3,,30,0)
N4670 REPEAT OTVOR_20H8_LEVA END
N4680 MCALL

N4690 G0 Z450
N4700 G57 G0 G90 B=DC(270)
N4710 MCALL CYCLE82(3,0,3,,30,0)

N4730 REPEAT OTVOR_20H8_PRAVA END
N4740 MCALL
N4750 G0 Z600 M9

Závitovat M16-6H 4x na pravé bočnici, 4x na levé bočnici do hloubky 34,5 mm. Závitovat M16-6H 4x na levém osazení a 4x na pravém osazení do hloubky 41 mm na stranách C a D. Nástrojem T23.

N4760 L300
N4780 STOPRE
N4790 T21
N4800 G57 G0 G90 B=DC(270) M8
N4810 Z200 M73
N4820 MCALL CYCLE84(5,0,5,,34.5,,5,,2,,497,572,3,1,1222,0,,)
N4910 REPEAT ZAVIT_M16_PRAVA END
N4920 MCALL
N4930 MCALL CYCLE84(5,-14,5,,41,,5,,2,,497,572,3,1,1222,0,,)
N5020 REPEAT ZAVIT_M16_PRAVA_OSAZENI END
N5030 MCALL
N5040 G0 Z450
N5050 G55 G0 G90 B=DC(90)
N5060 MCALL CYCLE84(5,0,5,,34.5,,5,,2,,497,572,3,1,1222,0,,)
N5080 REPEAT ZAVIT_M16_LEVA END
N5090 MCALL
N5100 MCALL CYCLE84(5,-14,5,,41,,5,,2,,497,572,3,1,1222,0,,)
N5120 REPEAT ZAVIT_M16_LEVA_OSAZENI END
N5130 MCALL
N5140 G0 Z600 M9

Vystružovat 2x ø15H7 do hloubky 16,5 mm na straně B. Nástrojem T21.

N5150 L300
N5170 STOPRE
N5180 S318 F151 M3 T22
N5190 G56 G0 G90 B=DC(180)
N5200 Z200 M75
N5210 MCALL CYCLE82(3,0,3,,16.5,0)
N5270 REPEAT OTVOR_15H7 END
N5280 MCALL
N5290 G0 Z600 M9

Závitovat 8x M10-6H do hloubky 27 mm na straně B. Nástrojem T22

N5300 L300
N5320 STOPRE
N5330 T26

N5340 G56 G0 G90 B=DC(180)
N5350 Z200 M73
N5360 MCALL CYCLE84(5,-19,5,,27,,5,,1.5,,796,850,3,1,1222,0,,)
N5450 REPEAT ZAVIT_M10 END
N5460 MCALL
N5470 G0 Z600 M9

Závitovat 4x M6-6H do hloubky 14 mm na straně B. Nástrojem T26.

N5480 L300
N5500 STOPRE
N5510 T24
N5520 G56 G0 G90 B=DC(180)
N5530 Z200 M71
N5540 MCALL CYCLE84(5,0,5,,14,,5,,1,,1062,1134,3,1,1222,0,,)
N5630 REPEAT ZAVIT_M6 END
N5640 MCALL
N5650 G0 Z600 M9

Závitovat 4x M8-6H do hloubky 28 mm na straně B. Nástrojem T24.

N5660 L300
N5680 STOPRE
N5690 T2
N5695 M55
N5700 G56 G0 G90 B=DC(180)
N5710 Z200 M71
N5720 MCALL CYCLE84(5,0,5,,28,,5,,1.25,,995,1190,3,1,1222,0,,)
N5810 REPEAT ZAVIT_M8 END
N5820 MCALL
N5830 G0 Z600 M9
N5835 M56
N5840 L350
N5850 M30

4.2 Operace 02/02

V druhé operaci je součást upnuta vodorovně a opracovává se ze 2 stran. Postup prací v operaci je následující:

1. Očistit dosedací plochy pro polohu 2
2. Upnout rozpracovaný kus z polohy 1
3. Obrábět strany E, F (dle NC programu)
4. Po obrobení ze součásti vysát třísky
5. Odjehlit

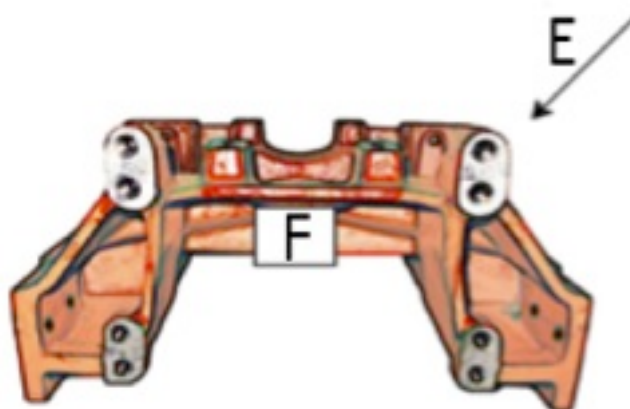
4.2.1 Použité nástroje

Tab. 4.2 Použité nástroje, posuvové rychlosti a celkové časy v operaci 02/02

| Označení nástroje | Nástroj | v_f [mm.min ⁻¹] | t_c [min/ks] |
|-------------------|--|----------------------------------|-------------------|
| T2 | Fréza hrubovací $\varnothing 125$ mm | 1160 | 4,98 |
| T3 | Fréza dokončovací $\varnothing 125$ mm | 1280 | 2,48 |
| T4 | Fréza dokončovací $\varnothing 32$ mm | 245 | 0,40 |
| T5 | Vrták $\varnothing 20$ mm | 230 | 0,46 |
| T7 | Vrták $\varnothing 15,5$ mm | 467 | 0,56 |
| T9 | Vrták $\varnothing 11,7$ mm | 628 | 0,36 |
| T12 | Vrták $\varnothing 17,5$ mm | 400 | 1,72 |
| T17 | Výstružník $\varnothing 12J7$ | 270 | 0,32 |
| T23 | Závitník M20-6H | 994 | 1,27 |
| T25 | Závitník M18-6H | 1000 | 0,46 |
| Σt_c | | | 12,97 |

Čas t_c uvedený v tabulce 4.2 je celkový čas nástroje strávený v pracovním prostoru stroje (strojní čas t_{as} plus čas výměny nástroje t_v 0,1 minut). Časové informace byly získány náměrovou metodou při ladění součásti na obráběcím centru.

4.2.2 Popis práce v operaci a návrh NC programu



Obr. 4.2 Popis součásti pro NC program

Nastavení nulových bodů obrobku pro jednotlivé prvky, vypnutí upínací hydrauliky a definování proměnné ZT.

N10 DEF REAL ZT

N20 M25

N30 ; NULOVE BODY G515, G517

N40 ; G515 - 90 stupňů, X0, Y457, Z291, pro stranu F se 4 nálitky pro M20-6H a M18-6H, Y457=180+277

N50 \$P_UIFR[15]=CTRANS(X,-0.15,Y,457,Z,290.8,B,0)

N60 ; G517 - 270 stupňů, X0, Y457, Z291, pro stranu E s 2x 12J7 a 6x M20-6H, Y457=180+277

N70 \$P_UIFR[17]=CTRANS(X,0.15,Y,456.97,Z,290.8,B,0)

Frézovat plochy pravého, levého a středního nálitku pro M20-6H, ø12J7 a ø20 mm na straně E. Frézovat 4 plochy nálitků pro M20-6H a M18-6H na straně F. Nástrojem T2.

N200 T1201

N210 L300

N220 STOPRE

N230 S370 F1160 M3 T4

N240 G517 G0 G90 B=DC(270)

N250 X-265 Y140

N260 ZT=3

N270 FREZA_B270:

N280 G0 Z=ZT

N290 G1 Y-227 ; Levý nálitek s 3x M20-6H a ø12J7

N300 G0 Z=ZT+10

N310 G0 X-175 Y140

N320 G0 Z=ZT

N330 G1 Y-227

N340 G0 Z=ZT+10

N350 G0 X-87 Y140

N360 G0 Z=ZT

N370 G1 Y-150 ; Prostřední nálitek s ø20 mm

N380 G0 Z=ZT+10

N390 G0 X0 Y140

N400 G0 Z=ZT

N410 G1 Y-150

N420 G0 Z=ZT+10

N430 G0 X87 Y140

N440 G0 Z=ZT

N450 G1 Y-150

N460 G0 Z=ZT+10

N470 G0 X170 Y140

N480 G0 Z=ZT

N490 G1 Y-227 ; Pravý nálitek s 3x M20-6H a ø12J7

N500 G0 Z=ZT+10

N510 G0 X265 Y140

N520 G0 Z=ZT

N530 G1 Y-227

N540 G0 Z=ZT+10

N550 END:

N560 ZT=0.25 ; Nálitky pro M20-6H a M18-6H
N570 X-265 Y140
N580 REPEAT FREZA_B270 END
N590 G0 Z450
N600 G515 G0 G90 B=DC(90)
N610 X155 Y115

N630 FREZA_B90:
N640 G0 Z=ZT
N650 G1 Y-3
N660 G0 X170 Y-88
N670 G1 Y-195
N680 G0 Z=ZT+10
N690 X-155 Y115
N700 G0 Z=ZT
N710 G1 Y-3
N720 G0 X-170 Y-88
N730 G1 Y-195
N740 G0 Z=ZT+10
N750 END:
N760 G0 Z600

Frézovat plochu 10 na straně B zespodu. Plocha nálitku pro M18-6H. Nástrojem T4.

N770 L300
N790 STOPRE
N800 S795 F245 M3 T3
N810 G515 G0 G90 B=DC(90) M8
N820 X-120 Y-263 M75
N840 G0 Z0
N850 G0 Z-43 M75
N860 G1 X-193
N870 G0 Z20
N880 G0 X120
N890 G0 Z0
N900 G0 Z-43
N910 G1 X193
N920 G0 Z600 M9

Frézovat plochy pravého, levého a středního nálitku pro M20-6H, $\varnothing 12J7$ a $\varnothing 20$ mm na straně E. Frézovat 4 plochy nálitků pro M20-6H a M18-6H na straně F. Nástrojem T3.

N930 L300
N950 STOPRE
N960 S430 F1280 M3 T9
N970 G515 G0 G90 B=DC(90) M8
N990 X155 Y115

N1000 REPEAT FREZA_B90 END
N1010 G0 Z450
N1020 G517 G0 G90 B=DC(270)
N1030 ZT=0.0
N1040 X-265 Y80
N1050 REPEAT FREZA_B270 END
N1060 G0 Z600 M9

Vrtat 2x díru pro $\varnothing 12J7$ do hloubky 22,1 mm na straně E. Nástrojem T9.

N1070 L300
N1090 STOPRE
N1100 S2995 F628 M3 T5
N1110 G517 G0 G90 B=DC(270) M75
N1120 Z200
N1130 MCALL CYCLE82(2,0,2,,22.1,0)
N1190 OTVOR_12J7:
N1200 X219 Y-80
N1210 X-219 Y-80
N1220 END:
N1230 MCALL
N1240 G0 Z600 M9

Vrtat 2x $\varnothing 20$ do hloubky 25 mm na straně E. Nástrojem T5.

N1250 L300
N1270 STOPRE
N1280 S1400 F230 M3 T12
N1290 G517 G0 G90 B=DC(270) M75
N1300 Z200
N1310 MCALL CYCLE82(2,0,2,,25,0)
N1370 OTVOR_20:
N1380 X60 Y-80
N1390 X-60 Y-80
N1400 END:
N1410 MCALL
N1420 G0 Z600 M9

Vrtat 6x díru pro M20-6H do hloubky 47 mm na straně E. Vrtat 4x díru pro M20-6H do hloubky 47 mm na straně F. Navrtat 4x díru pro M18-6H do hloubky 2,9 mm na straně F. Nástrojem T12.

N1430 L300
N1450 STOPRE
N1460 S2000 F400 M3 T7
N1470 G517 G0 G90 B=DC(270) M75
N1480 Z200
N1490 MCALL CYCLE82(2,0,2,,47,0)
N1550 ZAVIT_M20_B270:

N1560 X219 Y-30
N1570 X219 Y-140
N1580 X219 Y-190
N1590 X-219 Y-190
N1600 X-219 Y-140
N1610 X-219 Y-30
N1620 END:

N1630 MCALL
N1640 G0 Z450
N1650 G515 G0 G90 B=DC(90)
N1660 MCALL CYCLE82(2,0,2,,47,0)
N1720 ZAVIT_M20_B90:
N1730 X-155 Y-28
N1740 X-155 Y14
N1750 X155 Y14
N1760 X155 Y-28
N1770 END:
N1780 MCALL
N1790 MCALL CYCLE82(2,0,2,,2.9,0)
N1850 ZAVIT_M18:
N1860 X170 Y-186
N1870 X170 Y-227
N1880 X-170 Y-227
N1890 X-170 Y-186
N1900 END:
N1910 MCALL
N1920 G0 Z600 M9

**Vrtat 4x díru pro závit M18-6H do hloubky 32,6 mm na straně F.
Nástrojem T7.**

N1930 L300
N1950 STOPRE
N1960 S2335 F467 M3 T27
N1970 G515 G0 G90 B=DC(90) M75
N1980 Z200
N1990 MCALL CYCLE82(2,0,2,,32.6,0)
N2050 REPEAT ZAVIT_M18 END
N2060 MCALL
N2070 G0 Z600 M9

Závitovat 4x M18-6H do hloubky 24 mm na straně F. Nástrojem T27.

N2080 L300
N2100 STOPRE
N2110 T25
N2120 G515 G0 G90 B=DC(90) M8
N2130 Z200

N2140 MCALL CYCLE84(5,0,5,,24,,5,,2.5,,442,508,3,1,1222,0,,)
N2230 REPEAT ZAVIT_M18 END
N2240 MCALL
N2250 G0 Z600 M9

Závitovat 4x M20-6H do hloubky 41,5 mm na straně F. Závitovat 6x M20-6H do hloubky 39 mm na straně E. Nástrojem T25.

N2260 L300
N2280 STOPRE
N2290 T19
N2300 G515 G0 G90 B=DC(90) M8
N2310 Z200
N2320 MCALL CYCLE84(5,0,5,,41.5,,5,,2.5,,400,460,3,1,1222,0,,)
N2410 REPEAT ZAVIT_M20_B90 END
N2420 MCALL
N2430 G0 Z450
N2440 G517 G0 G90 B=DC(270)
N2450 MCALL CYCLE84(5,0,5,,39,,5,,2.5,,400,460,3,1,1222,0,,)
N2540 REPEAT ZAVIT_M20_B270 END
N2550 MCALL
N2560 G0 Z600 M9

Vystružovat 2x ø12J7 do hloubky 15,5 mm na straně E. Nástrojem T19.

N2570 L300
N2590 STOPRE
N2600 S400 F190 M3 T2
N2605 M55
N2610 G517 G0 G90 B=DC(270) M8
N2620 Z200
N2630 MCALL CYCLE82(2,0,2,,15.5,0)
N2690 REPEAT OTVOR_12J7 END
N2700 MCALL
N2710 G0 Z600 M9
N2715 M56
N2720 L350
N2730 M30

4.3 Operace 03/03

Operace 03/03 probíhá v průběžné pračce PPS 1000 x 800 Kovofiniš. Postup prací v operaci je následující:

1. Odmastit součást
2. Vyfoukat závitové díry a ostatní prvky



Obr. 4.3 Průběžná pračka PPS 1000 x 800 Kovofiniš

4.4 Operace 04/04

Operace 04/04 probíhá na ručním pracovišti a postup prací je následující:

1. Kontrolovat vizuálně poretitu na opracovaných plochách a dírách, odlití tvaru, praskliny, zbytky slévarenských písků a materiálu, průchodnost děr, kompletnost obrobení včetně závitů a děr
2. Kontrolovat u každého kusu průměr děr 26H7, 20H8, 15H7 a 12J7 a závit M20x1,5-6H pomocí kalibru a speciálních měřidel.
3. Kontrolovat u každého desátého kusu rozměry 578 -0,2 a 582 -0,5 pomocí posuvných měřidel
4. Kontrolovat u každého dvacátého kusu závitů M6-6H, M8-6H, M10-6H, M16-6H, M18-6H a M20-6H pomocí kalibrů



Obr. 4.4 Příklad kalibru pro jemný závit tolerance 6H [17]

5 ROZBOR POUŽITÝCH STROJŮ

Dnešní velké a střední společnosti, zabývající se obráběním součástí pro automobilní trh nebo trh se zemědělskou technikou, se neobejdou bez moderních obráběcích center, které zaručují tu nejpřesnější a nejlevnější možnost, jak obrobit danou součást. Mezi firmy, jež se daly cestou obnovy strojového parku patří i Zetor, který nyní disponuje velmi dobře vybavenými pracovišti. Jejich součástí je i několik moderních obráběcích center. Jedním z nich je stroj StarragHeckert HEC 800 Athletic, jenž je detailně popsán v této kapitole. Dalšími stroji, popsanými v této práci jsou sloupový jeřáb s nosností 250 kg a průběžná pračka PPS 1000 x 800 firmy Kovofiniš. Jeřáb slouží k dopravě odlitků na paletu stroje a pračka k finálnímu odstranění třísek, vzniklých v druhé operaci.

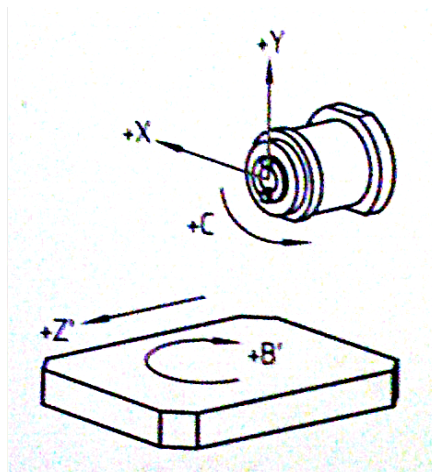


Obr. 5.1 Obráběcí centrum StarragHeckert HEC 800 Athletic [11]

5.1 Rozbor obráběcího centra StarragHeckert HEC 800 Athletic

Obráběcí centrum HEC 800 je koncipováno jako horizontální obráběcí centrum pro obrábění obrobků skříňovitých tvarů frézováním a vrtáním. Varianta stroje, kterou má firma Zetor k dispozici, umožňuje 4stranné obrábění při jednom upnutí. Stroj je možno dovybavit horizontálně/vertikálním suporem,

díky němuž je možné provádět obrábění z 5 stran při jednom upnutí. Pro naši součást je toto vybavení zbytečné, protože je nutno ji obrábět ve 2 fázích.



Obr. 5.2 Osy stroje

5.1.1 Konstrukce

Obráběcí centrum se skládá z několika konstrukčních celků. Staticky a dynamicky tuhý spodní díl představují křížové lože, na němž je uložen například korpus měniče nástrojů. Stroj je vybaven otočným stolem, pohybujícím se na profilových kolejnicích osy Z. Otočný stůl umožňuje obrábět součást ze 4 stran. Základním vybavením stroje je pak horizontální suport rámového stojanu, vykonávající pohyb v ose Y. Skládá se z vodící části, převodovky s řazením otáček, systému pro upnutí nástroje a pracovního vřetene, jehož středem je dopravována chladicí kapalina k obrobku. Ta je pomocí agregátu dodávána v množství až $30 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ a je uložena v nádrži s obsahem 900 litrů. Třísky se společně s chladicí kapalinou odvádějí hřeblovým dopravníkem, poté dochází k jejich oddělení pomocí sít. Pohyb os X, Y, Z zajišťují AC-servomotory a měření délek v těchto osách se provádí pomocí přímého absolutního systému pro měření délek. Pro vřeteno (osa C) se měření úhlu provádí pomocí inkrementálního snímače úhlové polohy a elektronického vyhodnocování. Výměna nástrojů probíhá plně automaticky mezi zásobníkem nástrojů a pracovním vřetenem, a to pomocí měniče. Ten je od pracovního prostoru oddělen posuvnými dveřmi. Výměna palet mezi pracovním prostorem a přípravným místem je prováděna pomocí hydraulicky

poháněného otočného výměníku. Kapotáž stroje představuje kabina, obklopující a chránící pracovní prostor ze všech stran. Stroj je vybaven hydraulikou a pneumatickým systémem. Tyto slouží pro pomocné procesy, jako je například upínání obrobku na paletě. Obráběcí centrum má 4 věže s 240 nástrojovými místy. Věže jsou rozděleny na 16 hřebenů, přičemž každý pojme 15 nástrojů. Obráběcí centrum je vybaveno motorem Siemens, jenž má hnací výkon 50 kW při 25% doby zapnutí a 28 kW při 100% době zapnutí. Hodnoty hnacího výkonu jsou stejné pro maximální otáčky prvního i druhého převodového stupně ($n_1 = 1028 \text{ min}^{-1}$ a $n_2 = 6000 \text{ min}^{-1}$) [13].



Obr. 5.3 Ovládací panel a pracovní prostor s horizontálním suportem

5.1.2 Řízení

Řízení stroje je uskutečňováno pomocí CNC-řízení Sinumerik 840D firmy Siemens. Jedná se o digitální systém vhodný pro široké spektrum aplikací. Systém má vysoký stupeň modularity a disponuje možností nasazení ve složitých obráběcích centrech [14].

Mezi řídicí výbavu stroje patří plochý ovládací panel s barevným patnácti palcovým displejem, PC s rozhraním Windows XP. Pět USB slotů umožňuje

přenos dat na externích discích. Řídicí panel slouží pro ovládání funkcí stroje. Stroj má také možnost připojení přes ethernetové rozhraní a firemní síť [13].

5.1.3 Základní technické údaje

Stroj je svou výbavou plně dostačující pro úkony obrábění součásti konzola a není třeba jej vybavovat nadstandardními prvky. Cena stroje je závislá na nadstandardní výbavě. Cena uvedeného stroje je 18 milionů Kč.

Tab.5.1 Základní technické údaje stroje HEC 800 [13]

| | |
|---|--------------------------------|
| Rozměr stroje | 9700x6400 mm |
| Velikost upínací plochy palety | 800x800 mm |
| Maximální zatížení palety | 2000 kg |
| Krouticí moment obrábění | 2500 Nm |
| Počet vyměnitelných palet | 2 |
| Maximální doba výměny palet | 18 s |
| Rozsah pracovního posuvu | 1...60000 mm.min ⁻¹ |
| Rychloposuv | 60 m.min ⁻¹ |
| Otáčky pracovního vřetena | 20...6000 min ⁻¹ |
| Výkon čerpadla | 30/27/24 l.min ⁻¹ |
| Rychlost výměny nástroje do 12 kg | 5,0 s |
| Rychlost výměny nástroje nad 12 kg | 8,2 s |
| Prodleva od řezu k řezu při použití mazání středem vřetena | 1 s |
| Maximální průměr nástroje v zásobníku (60 ks) | 325 mm |
| Standardní průměr nástroje v zásobníku (240 ks) | 125 mm |
| Maximální délka nástroje | 800 mm |
| Maximální hmotnost nástroje | 35 kg |
| Hmotnost stroje s dopravníkem třísek a agregátem chladicí kapaliny | 31000 kg |
| Typ motoru | Siemens 1PH7 137 2NG |

6 ROZBOR POUŽITÉHO NÁŘADÍ, VARIANTY

Výběr správného nástroje je důležitým faktorem, majícím vliv na ekonomickou stránku třískového obrábění. Zvolení nevhodného nástroje může mít za následek nepříjemné prodražení celého procesu výroby.

Při výběru nástrojů se pracovalo se stávající paletou nástrojů firmy Zetor. Přednostní výběr se zaměřoval na nástroje, které má firma Zetor k dispozici a aby byly vhodné pro obrábění prvků na součásti Konzola . Nástroje které v paletě nejsou, byly vybírány s ohledem na fakt, že firma Zetor s koupí obráběcího centra StarragHeckert HEC 800 dostala nabídku na nákup nástrojů od firmy Seco s výraznou slevou.

V práci jsou použity obrázky z webových katalogů jednotlivých firem, které byly opatřeny kótami, zpracovanými autorem této práce.

Volené řezné podmínky, použité v NC programu, byly navrženy s ohledem na fakt, že firma Zetor své nástroje po přebroušení znovu nepodrobuje povlakování. Řezné rychlosti byly proto v některých případech voleny až 3x nižší.

6.1 Nástroje pro frézování a jejich varianty

V této práci jsou použity frézy Super Turbo, Micro Turbo a Double Octomill od firmy Seco.

Jako vhodná varianta pro dokončovací a hrubovací frézy o průměru 125 mm může být nový progresivní nástroj od firmy Innotool s označení Hipos Deka, který hrubuje a dokončuje jedním nástrojem. Je vybaven pětibokými radiálními destičkami s geometrií Wiper, které jsou vyrobeny z houževnatého karbidu s PVD povlakem TiAlN (nitrid hlinito-titaničitý) [6].

Břítové destičky jsou vyrobeny ze slinutých karbidů a opatřeny CVD povlakem. Jedná se o chemické povlakování, kterým lze vytvořit povlaky karbidu titanu, nitridu titanu, karbonitridu titanu a oxidu hlinitého. Nástroje povlakované CVD technikou jsou vysoce odolné proti opotřebení, což je předurčuje k použití pro náročné aplikace při vysokém posuvu a střední a vysoké řezné rychlosti [4]. Povrchová vrstva TiN (nitrid titaničitý) zaručuje

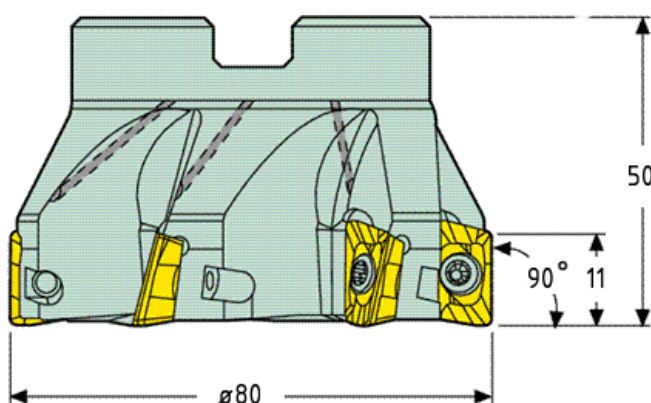
dobrou kvalitu obrobeného povrchu a Al_2O_3 (oxid hlinitý) zmíněnou odolnost proti opotřebení. Břítové destičky frézy s označením T4 jsou potom opatřeny speciálním povlakem Duratomic. Jedná se o metodu povlakování řízenou na atomární úrovni, jejíž základní strukturou je oxid alumina. Takto povlakané břítové destičky mají zvýšenou mechanickou i tepelnou odolnost v kombinaci s vysokou houževnatostí. Převyšují tak možnosti všech, v současnosti používaných, povlaků [7].

Frézy jsou vybaveny kanálky pro vedení chladicí kapaliny středem nástroje.

6.1.1 Rozbor jednotlivých nástrojů pro frézování

Nástroj T1 – Fréza Super Turbo pro frézování do rohu a drážkování [5]

| | |
|--------------------------------|---|
| Označení v NC programu: | T1 |
| Počet břítových destiček: | 7 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| CVD povlak břítových destiček: | TiCN- Al_2O_3 -TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 245 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f_z = 0,10-0,25 \text{ mm}$ |

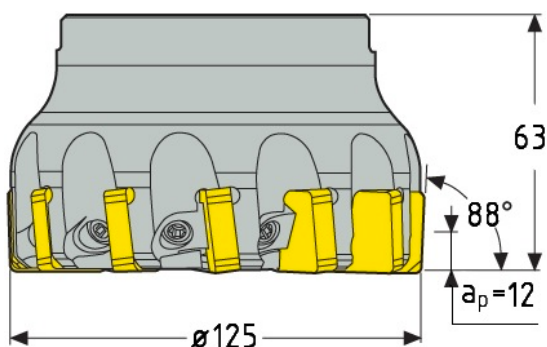


Obr. 6.1 Fréza Super Turbo [5]

Nástroj T2 – Fréza pro čelní frézování [5]

| | |
|-------------------------|----|
| Označení v NC programu: | T2 |
|-------------------------|----|

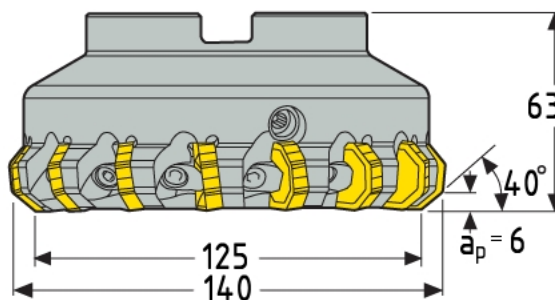
| | |
|--------------------------------|---|
| Počet břitových destiček: | 14 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| CVD povlak břitových destiček: | TiCN-Al ₂ O ₃ -TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 140 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f_z = 0,25 \text{ mm}$ |



Obr. 6.2 Fréza pro čelní frézování [5]

Nástroj T3 – Fréza Double Octomill pro čelní frézování [5]

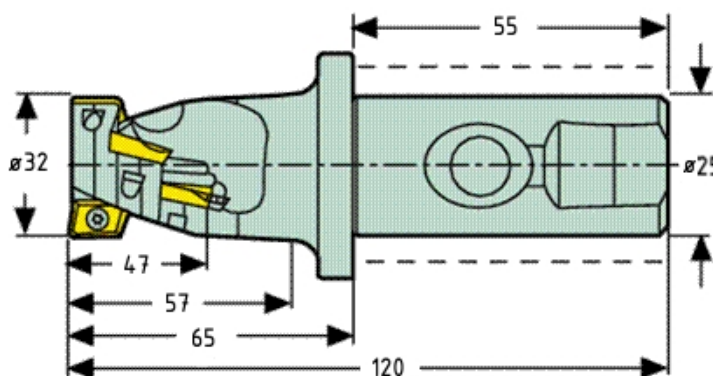
| | |
|--------------------------------|---|
| Označení v NC programu: | T3 |
| Počet břitových destiček: | 13 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| CVD povlak břitových destiček: | TiCN-Al ₂ O ₃ |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f_z = 0,25 \text{ mm}$ |



Obr. 6.3 Fréza Double Octomill pro čelní frézování [5]

Nástroj T4 – Fréza Micro Turbo se zuby ve šroubovici [5]

| | |
|----------------------------|---|
| Označení v NC programu: | T4 |
| Počet břitových destiček: | 18 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| Povlak břitových destiček: | TiCN-Al ₂ O ₃ |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 295 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f_z = 0,06 - 0,12 \text{ mm}$ |



Obr. 6.4 Fréza Micro Turbo se zuby ve šroubovici [5]

6.2 Nástroje pro vrtání a jejich varianty

Práce popisuje monolitní karbidové vrtáky Seco Feedmax a vrtáky s vyměnitelnými destičkami Perfomax.

Jako varianta k použitým nástrojům mohou být vrtáky s vyměnitelnou korunkou Crownloc firmy Seco.

Vrtáky jsou vyrobeny ze slinutých karbidů, vzniklých slinováním karbidu wolframu a kobaltu. Karbid Wolframu je hlavní sloučenina, která dodává materiálu nezbytnou tvrdost a kobalt je pojivo, jenž dodává materiálu houževnatost. Může obsahovat i kubické karbidy jako karbid titanu TiC (carbide titaničitý), přidané za účelem ovlivnění vlastností řezného materiálu, například odolnost proti opotřebení [4].

Řezné materiály vrtáků jsou povlakovány technikou PVD. Jedná se o fyzikální povlakování, které zvyšuje odolnost proti opotřebení základního

materiálu. Běžné povlaky PVD – techniky jsou TiN, TiCN (karbonitrid titaničitý) a TiAlN. PVD povlakované třídy se doporučují pro aplikace při nízkém posuvu s nízkou a střední řeznou rychlostí [4].

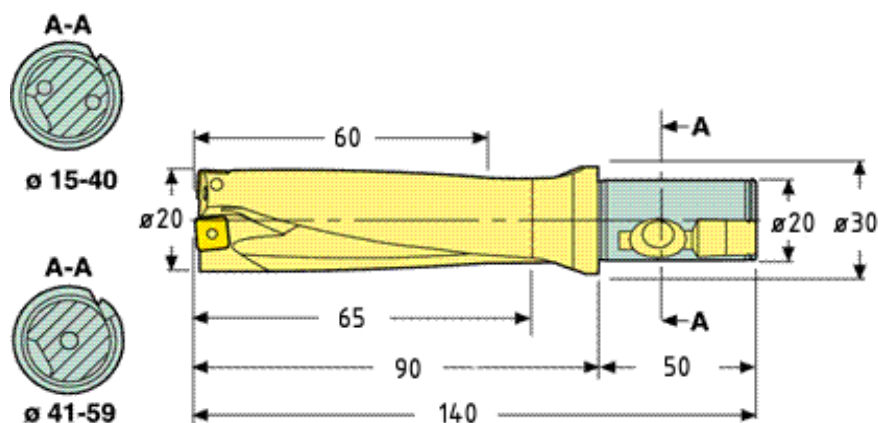
Pro vrtání zahloubení $\varnothing 26H7$ a díry pro vnitřní závit M20x1,5-6H se sražením hrany je použit speciální vrták firmy Seco řady Feedmax, pro vrtání dvou průměrů. Vrták je stejně, jako ostatní povlakován TiAlN + TiN, pomocí PVD techniky.

Vrtáky jsou vybaveny kanálky pro vedení chladicí kapaliny středem nástroje.

6.2.1 Rozbor jednotlivých nástrojů pro vrtání

Nástroj T5 - Vrták s VBD Perfomax a geometrií WIPER [5]

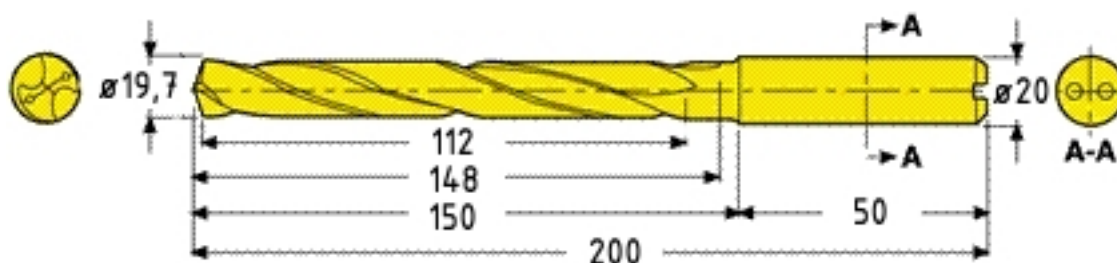
| | |
|----------------------------|---|
| Označení v NC programu: | T5 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| Počet břitových destiček: | 2 |
| PVD povlak: | TiAlN + TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 150-200 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,11 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ |



Obr. 6.5 Vrták s břitovými destičkami Perfomax [5]

Nástroj T6 – Monolitní karbidový vrták Feedmax [5]

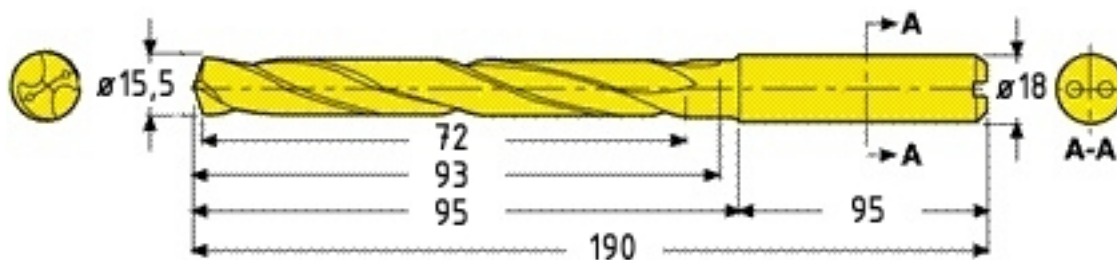
| | |
|----------------------------|---|
| Označení v NC programu: | T6 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiAlN + TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 110 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,43 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ |



Obr. 6.6 Monolitní tvrdokovový vrták feedMAX [5]

Nástroj T7 – Monolitní karbidový vrták Feedmax [5]

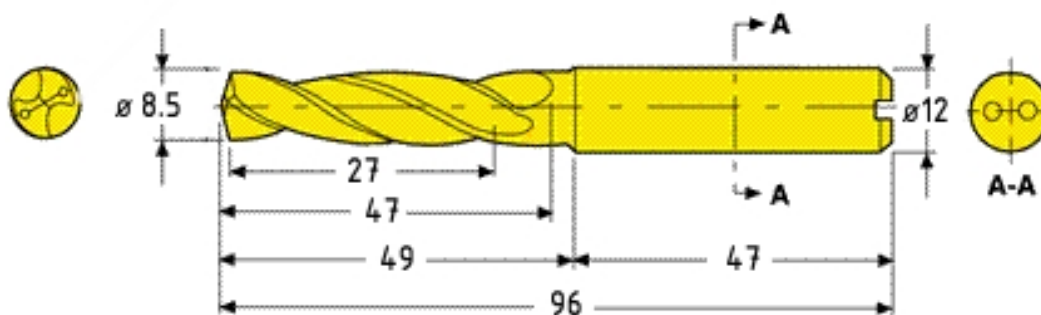
| | |
|----------------------------|---|
| Označení v NC programu: | T7 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiAlN + TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 110 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,41 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ |



Obr. 6.7 Monolitní tvrdokovový vrták feedMAX [5]

Nástroj T8 – Monolitní karbidový vrták Feedmax [5]

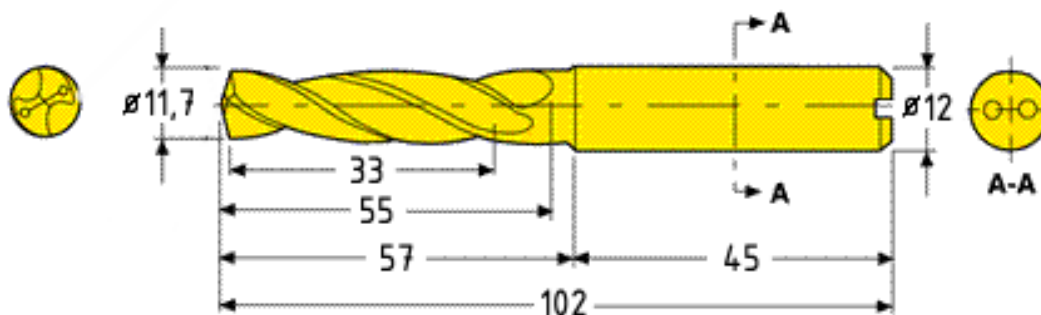
| | |
|----------------------------|--------------------------------|
| Označení v NC programu: | T8 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiAlN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 120 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,30 \text{ mm.ot}^{-1}$ |



Obr. 6.8 Monolitní tvrdokovový vrták feedMAX [5]

Nástroj T9 – Monolitní karbidový vrták Feedmax [5]

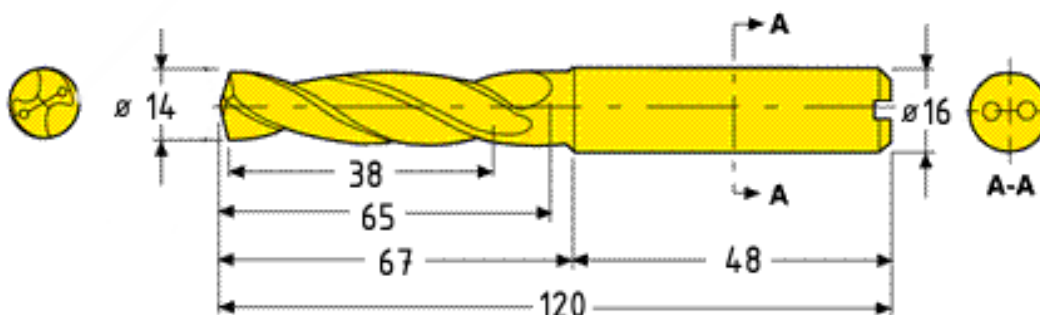
| | |
|----------------------------|--------------------------------|
| Označení v NC programu: | T9 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiAlN + TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 120 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,39 \text{ mm.ot}^{-1}$ |



Obr. 6.9 Monolitní tvrdokovový vrták feedMAX [5]

Nástroj T10 – Monolitní karbidový vrták Feedmax [5]

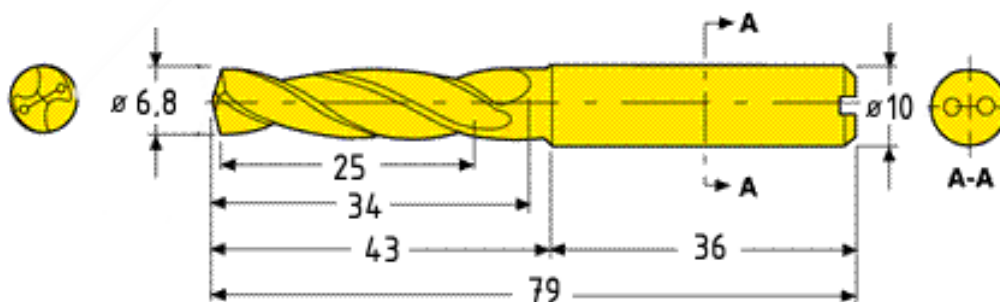
| | |
|----------------------------|--------------------------------|
| Označení v NC programu: | T10 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiAlN + TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 120 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,45 \text{ mm.ot}^{-1}$ |



Obr. 6.10 Monolitní tvrdokovový vrták feedMAX [5]

Nástroj T11 – Monolitní karbidový vrták Feedmax [5]

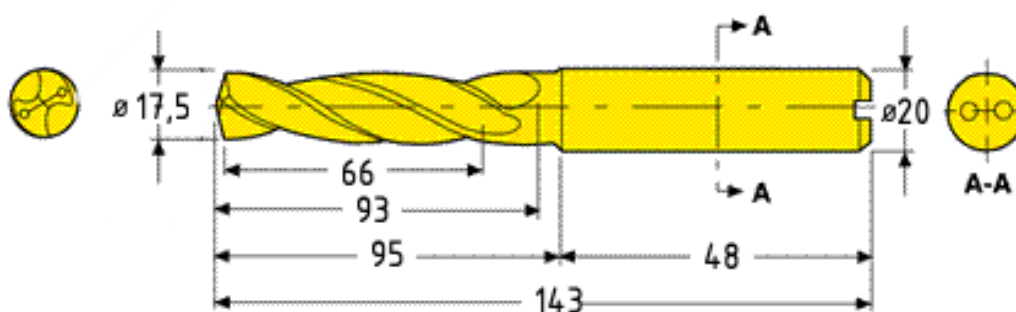
| | |
|----------------------------|--------------------------------|
| Označení v NC programu: | T11 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiAlN + TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 120 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,23 \text{ mm.ot}^{-1}$ |



Obr. 6.11 Monolitní tvrdokovový vrták feedMAX [5]

Nástroj T12 – Monolitní karbidový vrták Feedmax [5]

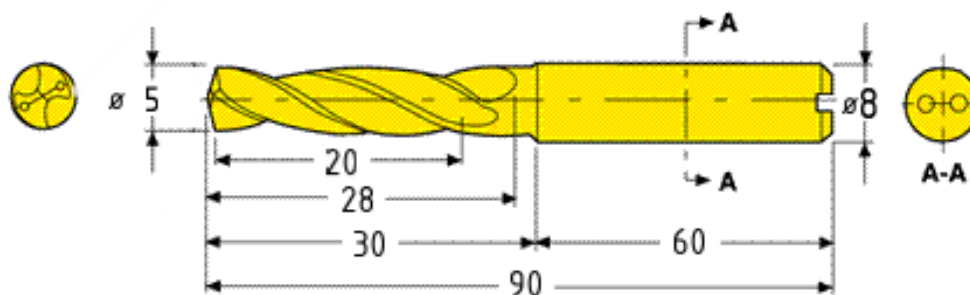
| | |
|----------------------------|---|
| Označení v NC programu: | T12 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiAlN + TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,5 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ |



Obr. 6.12 Monolitní tvrdokovový vrták feedMAX [5]

Nástroj T13 – Monolitní karbidový vrták Feedmax [5]

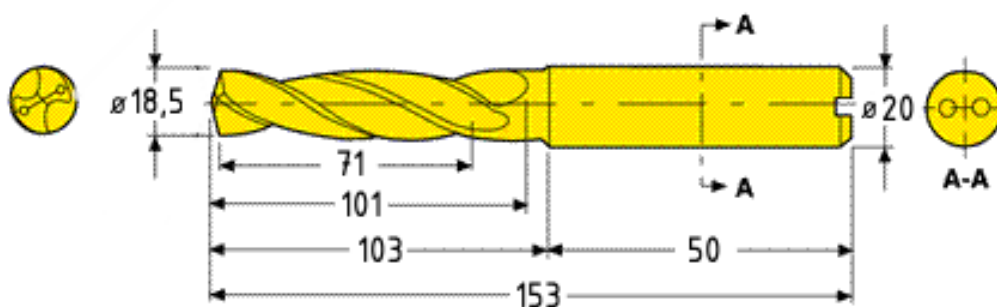
| | |
|----------------------------|---|
| Označení v NC programu: | T13 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou a prodlužovacím adaptérem |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiAlN + TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,23 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ |



Obr. 6.13 Monolitní tvrdokovový vrták feedMAX [5]

Nástroj T14 – Monolitní karbidový vrták Feedmax [5]

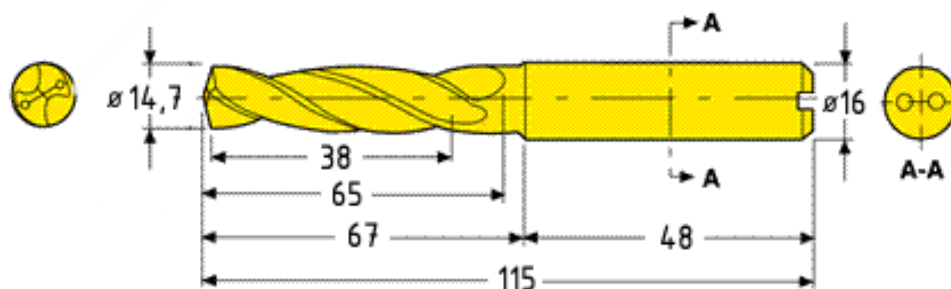
| | |
|----------------------------|--------------------------------|
| Označení v NC programu: | T14 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiAlN + TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 120 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,5 \text{ mm.ot}^{-1}$ |



Obr. 6.14 Monolitní tvrdokovový vrták feedMAX [5]

Nástroj T15 – Monolitní karbidový vrták Feedmax [5]

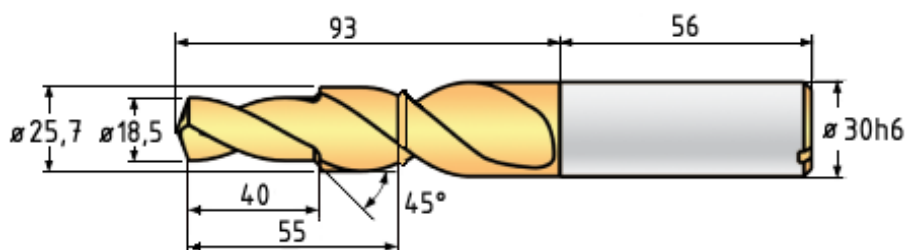
| | |
|----------------------------|--------------------------------|
| Označení v NC programu: | T15 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiAlN + TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 120 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,46 \text{ mm.ot}^{-1}$ |



Obr. 6.15 Monolitní tvrdokovový vrták feedMAX [5]

Nástroj T16 – Monolitní karbidový vrták Feedmax pro vrtání dvou průměrů [5]

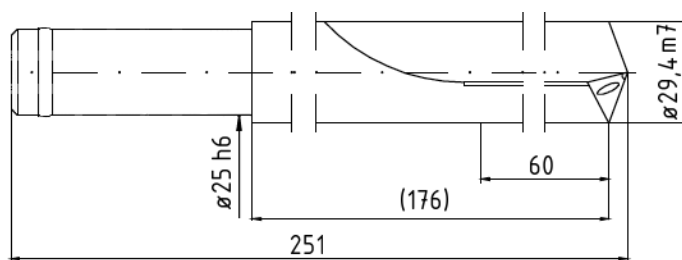
| | |
|----------------------------|---|
| Označení v NC programu: | T16 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiAlN + TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,5 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ |



Obr. 6.16 Monolitní karbidový vrták feedMAX [15]

Nástroj T17 – Monolitní vrták pro navrtávání

| | |
|----------------------------|---|
| Označení v NC programu: | T17 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiAlN + TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,3 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ |



Obr. 6.17 Monolitní vrták pro navrtávání

6.3 Nástroje pro vystružování a jejich varianty

Pro obrábění součásti konzola jsou použity výstružníky firmy Ham-Final, jež jsou součástí nástrojového parku firmy Zetor. Dále výstružníky Precimaster firmy Seco, které mohou být zároveň alternativou zmíněným výstružníkům Ham-Final.

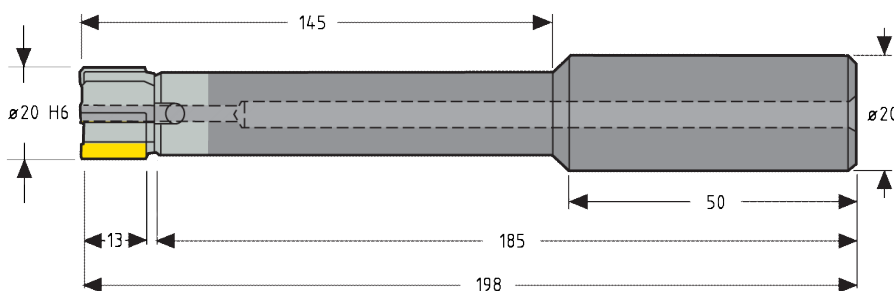
Výstružníky Precimaster mají tvrdokovovou stopku a vyměnitelnou řeznou hlavičku se zuby povlakovanými TiN. Chladicí kapalina prochází středem nástroje a vychází za řeznou hlavičkou, odkud tlačí třísky dopředu. Výstružníky Precimaster jsou vybaveny náběhovým úhlem 25° pro možnost extrémně vysokého posuvu [8].

Nástroje firmy Ham-Final jsou monolitní výstružníky s válcovou stopkou. Jsou vybaveny břity z povlakovaných slinutých karbidů. Nástroje jsou vybaveny kanálky pro vedení chladicí kapaliny, která vychází středem válcové stopky [9].

6.3.1 Rozbor jednotlivých nástrojů pro vystružování

Nástroj T18 – Výstružník Seco Precimaster [5]

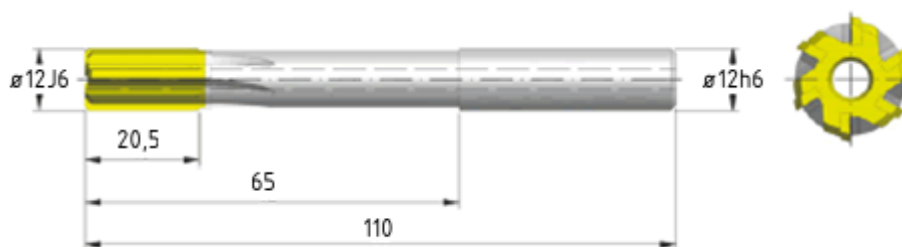
| | |
|----------------------------|--|
| Označení v NC programu: | T18 |
| Počet zubů: | 6 |
| Držák: | Monobloc s chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| Povlak břitových destiček: | TiN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 90 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f = 0,5 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ |



Obr. 6.18 Výstružník Seco Precimaster s vyměnitelnou řeznou hlavičkou [5]

Nástroj T19 – Výstružník Ham-Final [16]

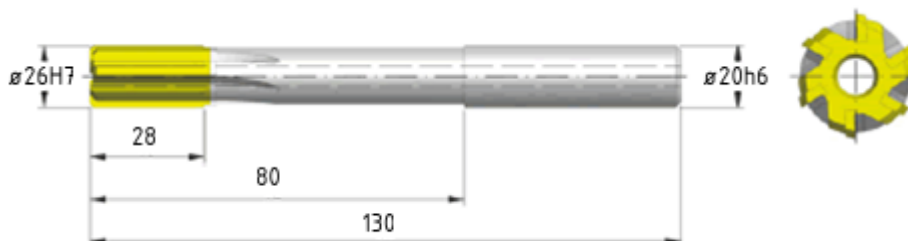
| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Označení v NC programu: | T19 |
| Počet zubů: | 6 |
| Držák: | S chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 40 - 60 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f_z = 0,05 \text{ mm}$ |



Obr. 6.19 Výstružník Ham-Final [9]

Nástroj T20 – Výstružník Ham-Final [16]

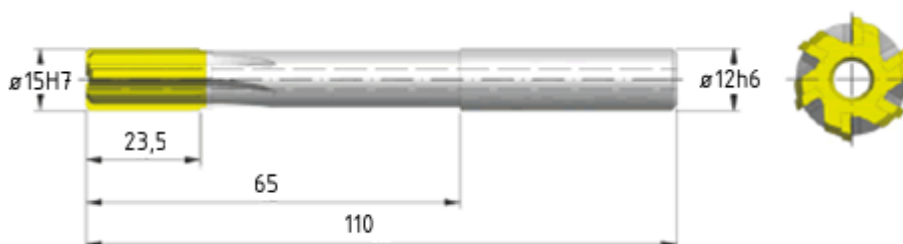
| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Označení v NC programu: | T20 |
| Počet zubů: | 6 |
| Držák: | S chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 40 - 60 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f_z = 0,06 \text{ mm}$ |



Obr. 6.20 Výstružník Ham-Final [9]

Nástroj T21 – Výstružník Ham-Final [16]

| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Označení v NC programu: | T21 |
| Počet zubů: | 6 |
| Držák: | S chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 40 - 60 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Doporučený posuv: | $f_z = 0,06 \text{ mm}$ |



Obr. 6.21 Výstružník Ham-Final [9]

6.4 Nástroje pro řezání závitů a jejich varianty

V této kapitole se setkáme s řezacími závitníky firmy Emuge. Jako vhodná varianta pro řezání závitů na součásti konzola mohou být závitníky Emuge řady Rekord Speed, nebo strojní závitníky firmy Narex Žďánice, jenž disponují podobnými vlastnostmi a řeznými podmínkami jako závitníky Emuge.

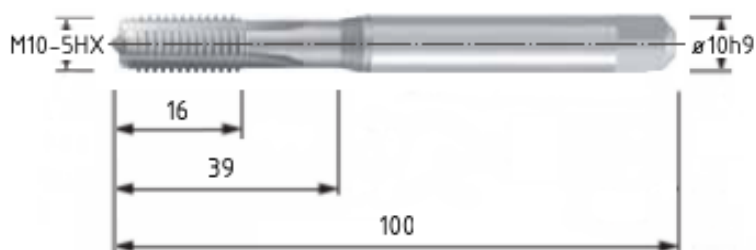
Závitníky Emuge řady Rekord jsou se svou geometrií GG určeny pro třískové obrábění materiálů s krátkou třískou a jsou vhodné pro řezání závitů v průchozích i slepých otvorech. Jsou vyrobeny z velmi výkonných rychlořezných kobaltových ocelí, opatřených fyzikálním povlakem PVD. Jedná se o 2-4 μm tlustou vrstvu TiCN, zajišťující tepelnou odolnost až 400°C a tvrdost 3000 HV.

Závitníky Emuge jsou vybaveny kanálky pro vnitřní, axiální přívod chlazení. Ten zajišťuje optimální přívod chladící emulze do oblasti náběhu závitníku. U slepých závitů jsou třísky snadno vynášeny z místa řezu. Nástroje pro řezání průchozích závitů jsou vybaveny vnitřním, radiálním přívodem chladící emulze do drážek [10].

6.4.1 Rozbor jednotlivých nástrojů pro řezání závitů

Nástroj T22 – Závitník Emuge Rekord [10]

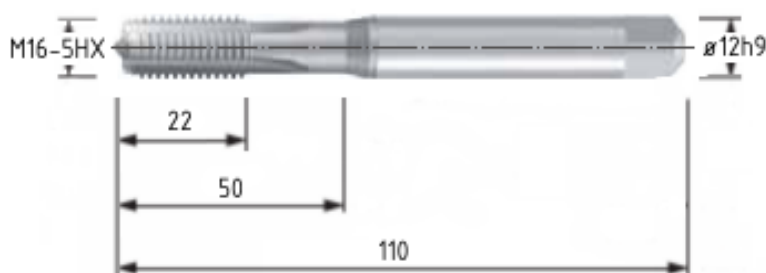
| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Označení v CNC programu: | T22 |
| Držák: | S chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiCN |
| Chlazení: | Vnitřní s výběhy do drážek |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 10 - 40 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Rozteč závitů: | $P = 1,5 \text{ mm}$ |



Obr. 6.22 Závitník Emuge Rekord [10]

Nástroj T23 – Závitník Emuge Rekord [10]

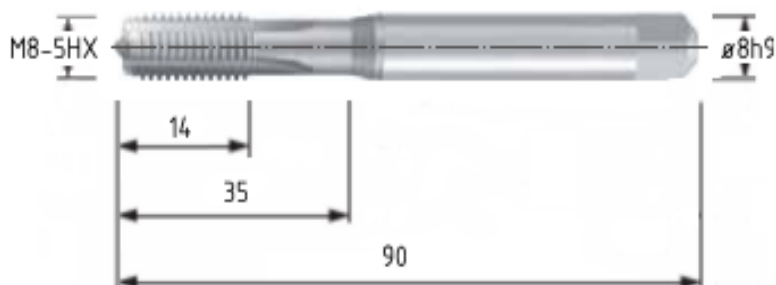
| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Označení v NC programu: | T23 |
| Držák: | S chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiCN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 10 - 40 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Rozteč závitů: | $P = 2 \text{ mm}$ |



Obr. 6.23 Závitník Emuge Rekord [10]

Nástroj T24 – Závítník Emuge Rekord [10]

| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Označení v NC programu: | T24 |
| Držák: | S chladící trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiCN |
| Chlazení: | Vnitřní s výběhy do drážek |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 10 - 40 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Rozteč závitu: | $P = 1,25 \text{ mm}$ |



Obr. 6.24 Závítník Emuge Rekord [10]

Nástroj T25 – Závítník Emuge Rekord [10]

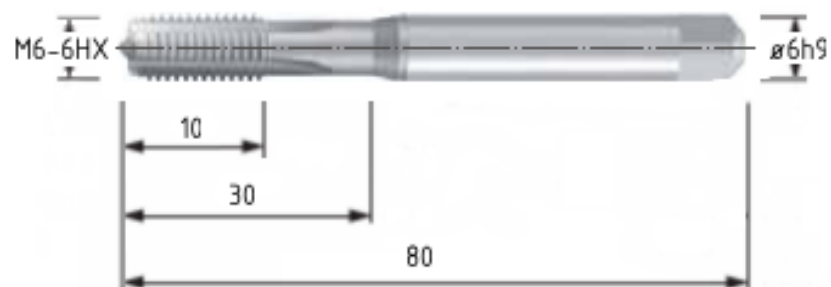
| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Označení v NC programu: | T25 |
| Držák: | S chladící trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiCN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 10 - 40 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Rozteč závitu: | $P = 2,5 \text{ mm}$ |



Obr. 6.25 Závítník Emuge Rekord [10]

Nástroj T26 – Závitník Emuge Rekord [10]

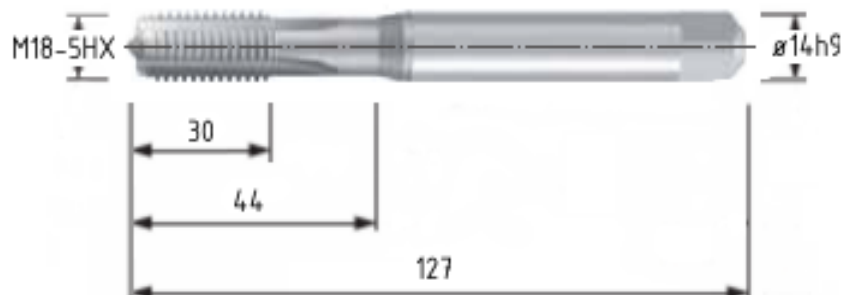
| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Označení v NC programu: | T26 |
| Držák: | S chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiCN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 10 - 40 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Rozteč závitu: | $P = 1,0 \text{ mm}$ |



Obr. 6.26 Závitník Emuge Rekord [10]

Nástroj T27 – Závitník Emuge Rekord [10]

| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Označení v NC programu: | T27 |
| Držák: | S chladicí trubičkou |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiCN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 10 - 40 \text{ m.min}^{-1}$ |
| Rozteč závitu: | $P = 2,5 \text{ mm}$ |



Obr. 6.27 Závitník Emuge Rekord [10]

Nástroj T28 – Závítník Emuge Rekord [10]

| | |
|----------------------------|---|
| Označení v NC programu: | T28 |
| Držák: | S chladicí trubičkou a prodlužovacím adaptérem |
| Upínací kužel: | HSK-A |
| PVD povlak: | TiCN |
| Chlazení: | Vnitřní středem nástroje |
| Doporučená řezná rychlost: | $v_c = 10 - 40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| Rozteč závitů: | $P = 1,5 \text{ mm}$ |



Obr. 6.28 Závítník Emuge Rekord [10]

7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

Firma Zetor je jedním z předních výrobců traktorů v nových členských zemích Evropské unie, a v České republice zaujímá první místo v počtu prodaných traktorů. Firma koupila nové obráběcí centrum StarragHeckert v hodnotě 18 milionů korun. Tato investice vedla ke vzniku několika nových pracovních míst, jež mohli zaujmout zaměstnanci, kterým by z důvodů ekonomické krize hrozila výpověď. Původně plánovaná výroba na obráběcím centru nebyla realizována, proto se firma Zetor rozhodla na stroji obrábět některé ze součástí, jež byly do té doby obráběny externí firmou.

Stroj je umístěn v dílně „Mechanika“, ve středisku č. 2430 s názvem „Nová CNC centra“. Každé ze čtyř středisek má vlastní výrobní režii, určenou ekonomickým oddělením podniku.

Technicko-ekonomické vyhodnocení se zabývá porovnáním ceny za obrábění externí firmou a firmou Zetor s přihlédnutím na návratnost investice za nástroje a upínače nezbytné k realizaci výroby.

Tab. 7.1 Časy operací

| Operace | Čas operace [min] |
|------------------------------|-------------------|
| 01/01 | 30 |
| 02/02 | 13 |
| 03/03 | 5 |
| 04/04 | 9 |
| Celkový čas 4 operací | 57 |

Tab. 7.2 Investice potřebná pro rozběhnutí projektu

| Položka | Cena [Kč] |
|--------------------------------------|----------------|
| Cena nástrojů | 800000 |
| Upínače | 500000 |
| Celková investice do projektu | 1300000 |

Tab. 7.3 Atributy výroby

| | |
|---|-----------|
| Spotřeba nářadí za rok | 150000 Kč |
| Cena za obrobení 1 ks externí firmou | 1697 Kč |
| Počet obráběných kusů za rok | 1426 ks |

Celková režie střediska 2430, s níž se kalkuluje při výpočtech technicko-ekonomického vyhodnocení se skládá z výrobní režie a přímých mezd. Ve výrobní režii jsou zahrnuty náklady na variabilní část energie, nářadí, režijní materiál, oleje, ochranné pomůcky, opravy a údržby, pohonné hmoty a obalový materiál.

Tab. 7.4 Celková režie střediska 2430

| Položka | Cena [Kč/hod] |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Přímé mzdy | 131,23 |
| Výrobní režie | 408,68 |
| Celková režie střediska 2430 | 539,91 |

7.1 Výpočty

Celková režie střediska 2430

Celková režie = Přímé mzdy + Výrobní režie

Celková režie = 131,23 Kč/hod + 408,68 Kč/hod = 539,91 Kč/hod

Celkový čas operací pro plánovaný objem výroby za rok

$$\text{Čas operací pro 1426 ks} = \frac{\text{Celkový čas 4 operací} \cdot \text{Počet kusů}}{60}$$

$$\text{Čas operací pro 1426 ks} = \frac{57 \text{ min} \cdot 1426 \text{ ks}}{60} = 1355 \text{ hod}$$

Cena obrobení 1426 ks externí firmou

Cena obrobení 1426 ks = Cena obrobení 1 ks · Počet kusů

Cena obrobení 1426 ks = 1697 Kč · 1426 ks = 2419992 Kč

Cena obrobení 1426 ks firmou Zetor

Cena obrobení 1426 ks = Čas operací pro 1426 ks · Celková režie

Cena obrobení 1426 ks = 1355 hod · 539,91 Kč = 731578 Kč

Cena obrobení 1 ks firmou Zetor

$$\text{Cena obrobení 1 ks} = \frac{\text{Cena obrobení 1426 ks}}{\text{Počet kusů}}$$

$$\text{Cena obrobení 1 ks} = \frac{731578 \text{ Kč}}{1426 \text{ Ks}} = 513 \text{ Kč/ks}$$

Výnos firmy Zetor

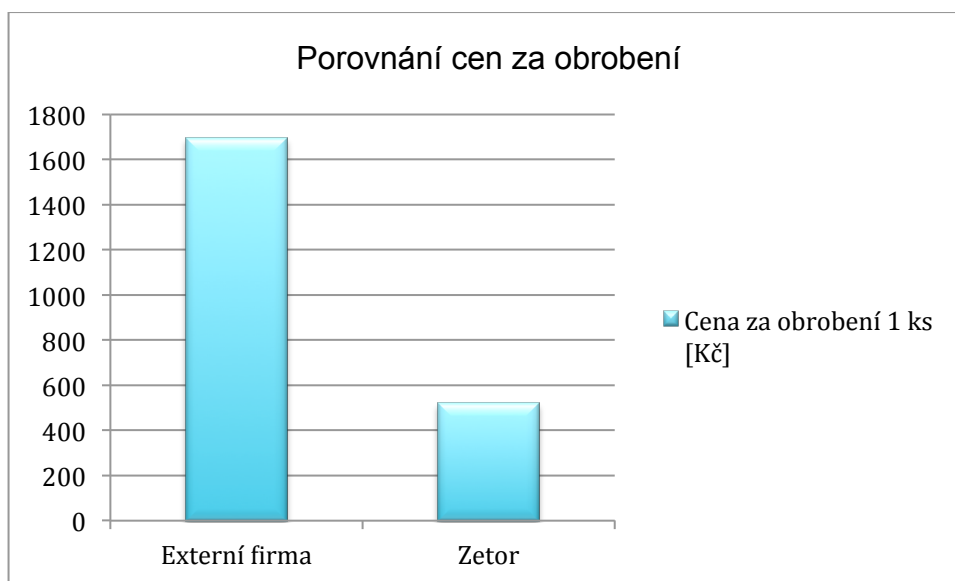
$$\text{Výnos} = \text{Cena externí firmy} - \text{Cena Zetoru} - \text{Roční spotřeba nářadí}$$

$$\text{Výnos} = 2419992 \text{ Kč} - 731578 \text{ Kč} - 150000 \text{ Kč} = 1538414 \text{ Kč}$$

Návratnost investice do koupě nářadí a výroby upínačů

$$\text{Návratnost investice} = \frac{\text{Výnos}}{\text{Investice}} \cdot 100$$

$$\text{Návratnost investice} = \frac{1538414}{1300000} \cdot 100 = 118,3 \%$$



Graf 7.1 Porovnání cen za obrobení 1 součástí externí firmou a firmou Zetor

Z výpočtů je patrné, že výroba součástí na obráběcím centru je pro firmu Zetor jednoznačně výhodná, přičemž návratnost investice je vyšší než 100%. Firma generuje z výroby součástí zisk a náklady na nástroje a upínače nezbytné k rozběhnutí výroby se pokryjí za její první rok.

ZÁVĚR

Tato práce se zabývá kompletním řešením technologie výroby součásti konzola přední hnací nápravy z polotovaru odlitku z tvárné litiny ve firmě Zetor Tractors, a.s.

V prvním bodě byl proveden rešeršní rozbor současných možností obrábění jednotlivými metodami, použitými při výrobě součásti.

V druhém bodě bylo provedeno hodnocení technologičnosti součásti. Jednotlivé faktory technologičnosti jsou popsány pomocí rozboru obráběných ploch, děr a závitů. Je proveden rozbor upínacích základen odlitku a použitého materiálu odlitku.

Ve třetím bodě jsou stanoveny návrhy variant možného řešení technologie výroby pomocí konvenčních strojů a obráběcích center. Z hodnocení jednotlivých variant technologie výroby vyplynulo, že jedinou ekonomicky výhodnou možností je vyrábět součást na obráběcích centrech. Díky směnové vytíženosti obráběcího centra Makino A81 je jediným možným řešením výroba pomocí stroje StarragHeckert, na nějž chce firma Zetor přemístit výrobu několika součástí, jež byly do té doby obráběny externí firmou.

Ve čtvrtém bodě je řešen technologický postup pro zvolenou variantu technologie výroby. Byl vytvořen NC program s návodkami.

V další části byl proveden rešeršní rozbor použitého obráběcího centra StarragHeckert a nářadí. Nářadí bylo vybíráno s ohledem na použitelnost stávajících nástrojů firmy Zetor.

V poslední části je provedeno technicko-ekonomické vyhodnocení. Prvním faktorem byla cena za obrobení externí firmou a firmou Zetor. Provedené ekonomické výpočty dokládají, že cena za obrobení jedné součásti externí firmou je více než třikrát dražší. Návratnost investice do koupě nástrojů a výroby upínačů, potřebných pro rozběhnutí výroby, nastává již během prvního roku výroby. Tento projekt tak generuje zisk a rozhodnutí firmy zrušit výrobu v externí firmě se ukázalo jako správné a ekonomicky výhodné.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.

[2] DRÁPAL, Stanislav a Milan NESÉT. *Stavba strojů XVII: Konstrukční materiály ve strojírenství. Tvárná litina*. 1. vyd. Praha: Dům techniky ČVTS Praha, 1972. 94 s.

[3] ČSN 42 2304. TVÁRNÁ LITINA 42 2304 feritická. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1975. 3 s.

[4] Seco tools. *Frézování: katalog a technický průvodce 2008* [online]. [cit. 2011-03-18]. Dostupné z WWW: <http://www.secotools.com/CorpWeb/Service_Support/machining_navigator/CEE/Czech/Final_LR_Milling_1_CZ.pdf>.

[5] Seco tools. *Elektronický katalog* [online]. [cit. 2011-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://ecat.secotools.com>>.

[6] MM Průmyslové spektrum. *Frézy pro hrubovací i dokončovací operace* [online]. [cit. 2011-04-17]. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/frezy-pro-hrubovaci-i-dokoncovaci-operace>>.

[7] Seco tools. *Duratomic* [online]. [cit. 2011-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.secotools.com/sk/Global/Duratomic/>>.

[8] Seco tools. *Precimaster* [online]. [cit. 2011-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.secotools.com/sk/Global/Products/Holemaking/Reaming/Precimaster/>>.

[9] Ham-final. *Detail nástroje 6336* [online]. [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <http://www.ham-final.cz/?page=katalog_standardni_nastroje&detail=6336>.

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

[11] StarragHeckert [online]. [cit. 2011-01-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.starragheckert.com/starragheckert/images/stories/maschinen/hec-800-athletic.jpg>>.

[12] Zetor Tractors, a.s. [online]. [cit. 2011-02-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.zetor.cz/zetor-forterra>>.

[13] StarragHeckert HEC 800. *Návod k obsluze: Konstrukce stroje a technické údaje*, 2009. 35 s.

[14] Siemens. *Sinumerik 840 D* [online]. [cit. 2011-04-18]. Dostupné z WWW: <<http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=0788019ba8&ctxp=home>>.

[15] Seco Tools. Custom Design [online]. [cit. 2011-03-19]. Dostupné z WWW: <<https://secure.secotools.com/customdesign/default.asp?action=viewToolSpecPageID&ID=173&cc=cz>>.

[16] Ham-final. *Doporučené řezné podmínky* [online]. [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <http://www.ham-final.cz/admin/produkty/6336/rezy_6336.png>.

[17] M & B Calibr, spol. s r.o.. *Jemný závit, mezní kalibr 6H* [online]. [cit. 2011-05-17]. Dostupné z WWW: <<http://www.mbcaltibr.cz/prodej/produkt/366-jemny-zavit-mezni-kalibr-6h/>>.

[18] Siemens AG. *SINUMERIK 840D/840Di/810D - Příručka programování*, 2004. 660 s.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| Zkratka/Symbol | Jednotka | Popis |
|-----------------------|----------------------|---|
| CNC | - | Computer Numerical Control – počítačem číslicově řízený |
| NC | - | Numerical Control – číslicově řízený |
| VBD | - | vyměnitelná břitová destička |
| HV | - | tvrdost podle Vickerse |
| HB | - | tvrdost podle Brinella |
| PVD | - | Physical Vapour Deposition – fyzikální depozice |
| CVD | - | Chemical Vapour Deposition – chemická depozice |
| Ra | μm | průměrná aritmetická úchylka profilu |
| f_z | mm | posuv na zub |
| f | mm.ot ⁻¹ | posuv na otáčku |
| v_c | m.min ⁻¹ | řezná rychlost |
| v_f | mm.min ⁻¹ | posuvová rychlost |
| n | min ⁻¹ | otáčky nástroje |
| z | - | počet zubů nástroje |
| d | mm | průměr nástroje |
| P | mm | rozteč závitu |
| t_c | min | celkový čas nástroje strávený v pracovním prostoru |
| t_{as} | min | strojní čas |
| t_v | min | čas výměny nástroje |
| L | mm | celková dráha nástroje |

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výkres 15.203.001 1/2
Příloha 2 Výkres 15.203.001 2/2