



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## NÁVRH ZAPICHOVACÍHO SOUSTRUŽNICKÉHO NOŽE, S VBD, PRO VNITŘNÍ SOUSTRUŽENÍ

CONSTRUCTION OF GROOVING TURNING TOOL WITH INSERT FOR INTERNAL TURNING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ADAM NOSEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. OSKAR ZEMČÍK, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Adam Nosek

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

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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

**Návrh zapichovacího soustružnického nože, s VBD, pro vnitřní soustružení**

v anglickém jazyce:

**Construction of grooving turning tool with insert for internal turning**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše problematiky vnitřních soustružnických nožů. Rozdělení a funkce upínacích mechanismů břitových destiček. Návrh zvoleného typu vnitřního soustružnického nože. Tvorba výrobní dokumentace. Zhodnocení výsledného návrhu.

Cíle bakalářské práce:

- rešerše zadané problematiky
- volba vhodného řešení
- návrh vnitřního soustružnického nože
- technicko-ekonomické zhodnocení

Seznam odborné literatury:

1. FOŘT, Petr a Jaroslav KLETEČKA. Autodesk Inventor. Brno: Computer Press, 2007, 296 s. ISBN 978-80-251-1773-6.
2. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-2542250-2.
3. ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky. Brno: CERM, s.r.o., 2003, 193 s. ISBN 80-214-2336-6.
4. DAVIM, J. Paulo. Surface Integrity in Machining. 1. vyd. London: Springer, 2010, 215 s. ISBN 978-1-84882-873-5.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 21.11.2013

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

**ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá návrhem vnitřního zapichovacího nože s výměnnou břitovou destičkou. Součástí práce je řešerše problematiky vnitřních zapichovacích nožů. Výstupem je pak samotný návrh vnitřního zapichovacího nože.

**Klíčová slova**

soustružení, zapichování, VBD-výměnná břitová destička, zapichovací nůž, tělo nože

**ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with internal recessing tool with interchangeable inserts. The thesis researches the issue of internal grooving tools. The output is then only a draft internal recessing tool.

**Key words**

turning, grooving, VBD- indexable inserts, grooving tools, body tools

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

NOSEK, A. *Návrh zapichovacího soustružnického nože, s VBD, pro vnitřní soustružení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. XY s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Oskar Zemčík, Ph.D..

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh zapichovacího soustružnického nože s VBD, pro vnitřní soustružení**, vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

25. 5. 2014

.....  
Datum

\_\_\_\_\_  
Adam Nosek

**PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Oskaru Zemčikovi, Ph.D, za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ .....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 NÁSTROJ SOUSTRUŽNICKÝ NŮŽ .....	10
1.1 Části soustružnického nože.....	10
1.1.1 Plochy a hrany na soustružnickém noži.....	10
1.2 Geometrie soustružnického nože .....	11
1.2.1 Nástrojová souřadnicová soustava.....	11
1.2.1.1 Nástrojové řezné úhly .....	12
1.2.1.2 Význam nástrojových úhlů .....	13
2 VNITŘNÍ ZAPICHOVACÍ NOŽE .....	14
2.1 Vnitřní axiální zapichovací nože .....	14
2.2 Vnitřní rohové zapichovací nože .....	15
2.3 Vnitřní radiální zapichovací nože .....	15
2.4 Materiály těles zapichovacích nožů .....	16
2.5 Vnitřní chlazení zapichovacích nožů .....	16
2.6 Upínání zapichovacích nožů .....	17
2.7 Označování zapichovacích nožů .....	18
3 ZAPICHOVACÍ VÝMĚNNÉ BŘITOVÉ DESTIČKY-VBD .....	19
3.1 Tvary zapichovacích VBD.....	19
3.2 Geometrie zapichovacích VBD .....	19
3.3 Geometrie Wiper.....	20
3.4 Materiály vnitřních zapichovacích VBD .....	21
3.4.1 Slinuté karbidy .....	21
3.4.2 Cermety.....	21
3.5 Upínací systémy VBD používané u zapichovacích nožů .....	22
3.6 Označování VBD .....	23
4 VLASTNÍ NÁVRH VNITŘNÍHO ZAPICHOVACÍHO NOŽE S VBD.....	24
4.1 Parametry pro výběr VBD .....	24
4.2 Výběr VBD .....	25

4.3 Návrh prvků upínacího systému ISO G .....	28
4.4 Návrh tělesa nože .....	28
4.4.1 Volba průřezu těla nože .....	29
4.4.2 Upínací část .....	29
4.4.3 Délka vyložení .....	30
4.4.4 Řešení systému chlazení .....	30
4.4.5 Odvod třísek z místa řezu .....	31
4.4.6 Volba materiálu tělesa nože .....	31
4.5 Návrhové výpočty nože .....	32
4.5.1 Výpočet působící řezné síly .....	32
4.5.2 Výpočet délky vyložení .....	32
4.5.3 Kontrolní výpočet funkčnosti upínacího systému .....	33
4.5.3.1 Výpočet maximální upínací síly šroubu .....	34
4.5.3.2 Výpočet délky závitu pro šroub v těle nože .....	35
4.5.3.3 Výpočet utahovacího momentu šroubu .....	36
4.5.3.4 Výpočet síly potřebné k dotažení šroubu .....	36
4.5.3.5 Výpočet maximálního stlačení upínky silou šroubu .....	37
5 3D MODEL NOŽE .....	39
6 VÝROBNÍ POSTUP TĚLESA NOŽE A HRUBÁ CENOVÁ KALKULACE NOŽE ...	40
TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ NÁVRHU .....	43
ZÁVĚR .....	44
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	45
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	47
SEZNAM PŘÍLOH .....	50

## ÚVOD

Soustružení patří mezi nejstarší druh třískového obrábění, které je známé už z dob Starověkého Egypta. Je to v současnosti nejpoužívanější druh obrábění ve strojírenství. Jednou z nejčastějších soustružnických operací je zapichování. Zapichování je rozděleno na vnitřní a vnější. Vnitřní zapichování je operace, při níž se vyrábí zápichy v díře.

Tato práce se zabývá návrhem radiálního vnitřního zapichovacího nože, který by měl uplatnění v praxi. V současné době je snaha, při navrhování nástrojů pro obrábění, o co největší efektivitu obrábění a úsporu nákladů vynaložených na nástroj. Tyto požadavky mohou být splněny návrhem nástroje s dlouhou životností a univerzálním použitím, v co největším počtu obráběcích operací. Dlouhou životnost nástroje, lze dosáhnout použitím nejnovějších technologií, materiálů a poznatků, při konstrukci nástroje.

U návrhu vnitřního zapichovacího nože, je třeba brát v úvahu několik omezujících faktorů, jako je průměr obráběné díry, umístění zápichu v díře, šířka zápichu a hloubka zápichu. Řešení návrhu musí zahrnovat všechny tyto uvedené faktory. V první fázi návrhu je zapotřebí se zorientovat, v širokém sortimentu zapichovacích destiček. V druhé fázi je výběr vhodné destičky. Třetí a nejnáročnější prací je návrh těla nože. Výsledný návrh by měl obrábět vnitřní radiální zápichy, soustružit povrch díry umožňovat i soustružení tvarů v díře.

# 1 NÁSTROJ-SOUSTRUŽNICKÝ NŮŽ

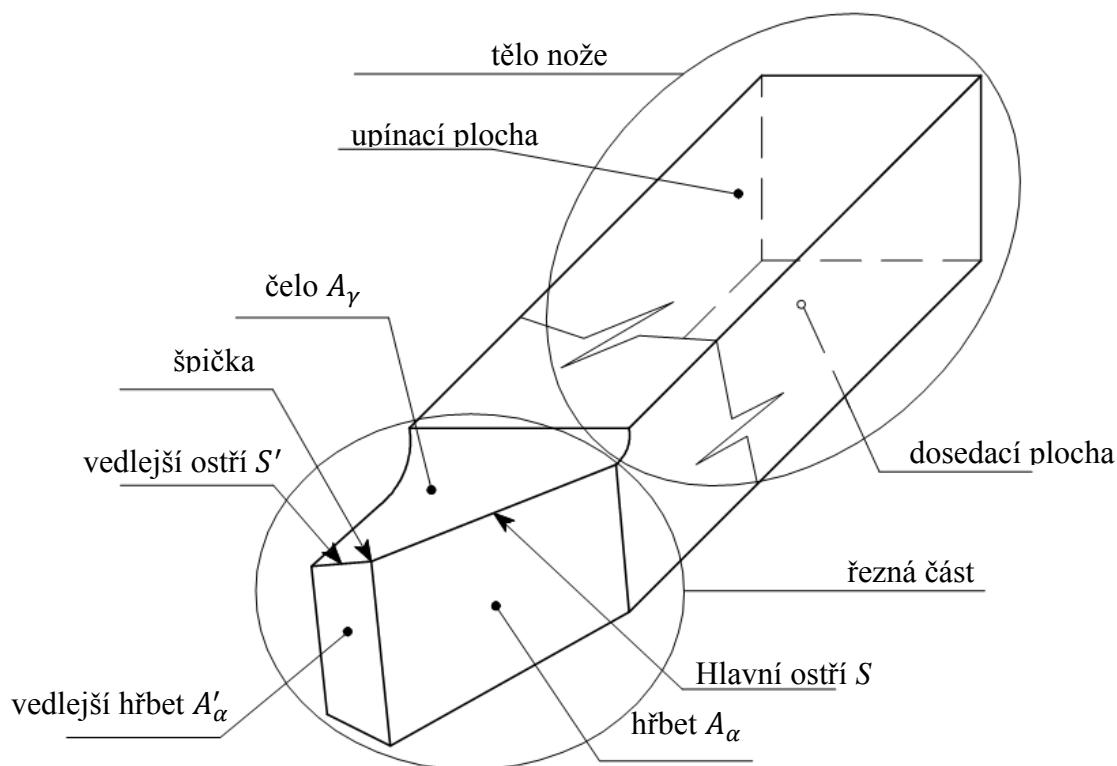
Obráběcí nástroj slouží k odebrání přebytečného materiálu (přídavku) z obrobku, za účelem docílení požadovaných rozměrů a jakosti obrobku. Nástroj určený k soustružení se nazývá soustružnický nůž. Nože se vyrábí buď jako monolitní nástroje (z jednoho kusu materiálu), nebo jsou sestaveny z více součástí (břitová destička, tělo nože, upínací mechanismus).

## 1.1 Části soustružnického nože

Soustružnický nůž je složen ze dvou hlavních částí: řezné části a těla nože. Řezná část zahrnuje prvky, které odebírají třísku (čelo, ostří, hřbet). Řeznou částí je nejčastěji břitová destička. Tělo nože zajišťuje upevnění řezné části, polohu břitu a slouží k upnutí nože do upínacího mechanismu. Tvar nože a jeho geometrii řezné části, ovlivňuje zejména materiál obrobku a metoda obrábění, například zapichování.

### 1.1.1 Plochy a hrany na soustružnickém noži

Soustružnický nůž se skládá z funkčních ploch a hran (obr.1.1), které zabezpečují funkčnost nože. Tyto prvky plní svoji funkci soustavě stroj – nástroj – obrobek, zajišťují: upnutí nástroje, ustavení nástroje, pevnost břitu, řezivost a odchod třísky.

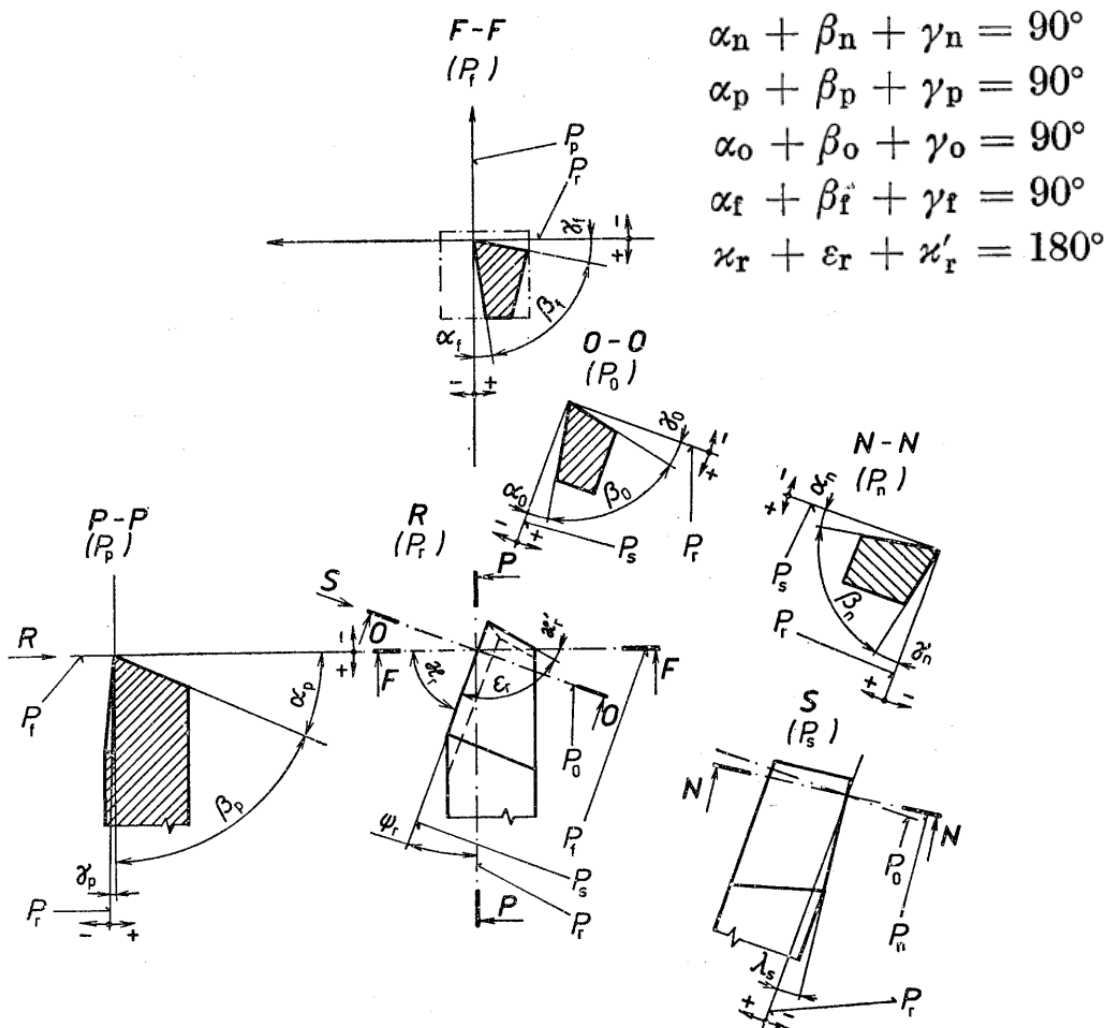


Obr. 1.1 Plochy, hrany a části soustružnického nože



### 1.2.1.1 Nástrojové řezné úhly

Nástrojové řezné se zobrazují v řezech nástroje pomocí nástrojových rovin (obr.1.3). Tyto úhly se označují vlastním značkou úhlu s indexem příslušné roviny roviny.



Obr. 1.3 Nástrojové řezné úhly soustružnického nože (ve statické soustavě)<sup>1</sup>

#### Názvy nástrojových rovin a základních úhlů:

$P_r$  – Základní nástrojová rovina

$P_f$  – Boční nástrojová rovina

$P_p$  – Zadní nástrojová rovina

$P_s$  – Nástrojová rovina ostří

$P_o$  – Ortogonální nástrojová rovina

$P_n$  – Normální nástrojová rovina

$P_g$  – Nástr. rovina největšího spádu čela

$P_b$  – Nástr. rovina největšího spádu hřbetu

$\kappa_r$  – úhel nastavení hlavního ostří

$\gamma_o$  – Nástrojový ortogonální úhel čela

$\lambda_s$  – Nástr. úhel sklonu hlavního ostří

$\beta_o$  – Nástr. Ortogonální úhel břitu

$\alpha_o$  – Nástr. ortogonální úhel hřbetu

$\delta_o$  – Nástr. Ortogonální úhel řezu

### 1.2.1.2 Význam nástrojových úhlů

Znalost a významu nástrojových úhlů je důležitá z hlediska konstrukce nástroje.

$\kappa_r$  – úhel nastavení hlavního ( $0^\circ - 90^\circ$ ) ostří má vliv na složky řezné síly a tvar třísky.

$\gamma_o$  – Nástrojový ortogonální úhel čela ( $-6^\circ; +6^\circ$ ) ovlivňuje: tvorbu třísky, tuhost břítu.

$\lambda_s$  – Nástrojový úhel sklonu hlavního ostří ( $-8^\circ - 90^\circ$ ) ovlivňuje: tuhost břítu, směr odchodu třísky z řezu, zatížení špičky nože.

$\beta_o$  – Nástrojový ortogonální úhel břítu ( $40^\circ - 100^\circ$ ) ovlivňuje tuhost břítu.

$\alpha_o$  – Nástrojový ortogonální úhel hřbetu ( $8^\circ - 12^\circ$ ) má vliv na tření na hřbetě břítu.

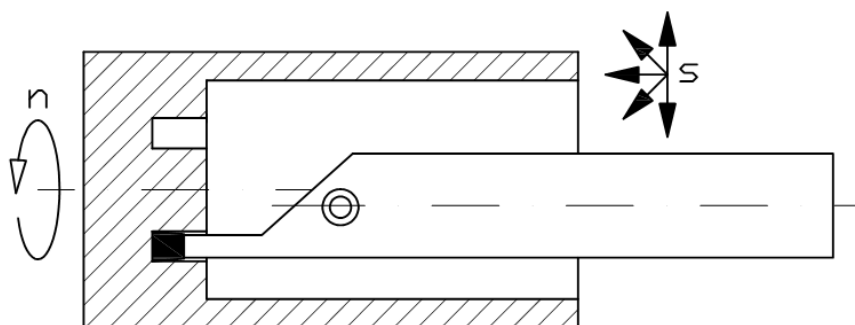
$\delta_o$  – Nástrojový ortogonální úhel řezu ( $0^\circ - 90^\circ$ ) ovlivňuje tuhost břítu.

## 2 VNITŘNÍ ZAPICHOVACÍ NOŽE

Vnitřní zapichovací nože umožňují soustružení zápichů v díře. Rozdělují se podle směru zapichování vzhledem k ose obrobku na nože axiální, radiální a nože pro tvary zápichů E, F, G (vnitřní rohové nože). Většinou jsou zapichovací nože navrhovány tak, aby bylo možno obrábět, co nejvíce operací (zapichování, podélné soustružení) s jedním nožem. Uspoří se tím doba na výměnu nástroje a tím i náklady na obrábění.

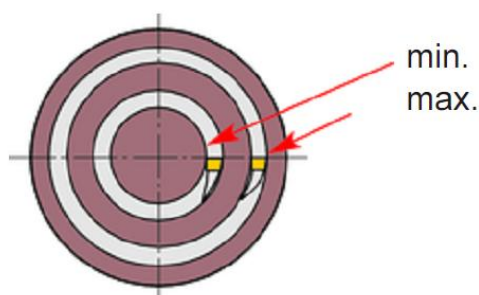
### 2.1 Vnitřní axiální zapichovací nože

Pro výrobu axiálního zápichu v díře, se používají vnitřní axiální zapichovací nože (obr.2.1). Jde o nože s úhlem nastavení hlavního ostří  $\kappa_r = 90^\circ$ . Pro upnutí destičky se používají systémy, ISO G u menších průměrů a u větších ISO X a ISO S. Těleso nože se skládá z upínací části pro VBD a stopky s upínací částí o kruhovém průřezu.



Obr. 2.1 Zobrazení axiálního zapichovacího nože  
Kde: n-otáčky obrobku, s- pohyb nástroje

Všechny tyto parametry jsou normalizovány v normě ČSN ISO 6261<sup>2</sup>. Provedení nože může být jako monolitní nástroj (malé průměry), jako těleso nože s VBD, nebo nože skládajícího se s vyvrtávací tyče a vyměnitelné hlavice s VBD (modulární systémy). U axiálních zapichovacích nožů, je jako jedno z kritérií správného výběru minimální a maximální průměr záběru (obr.2.2).

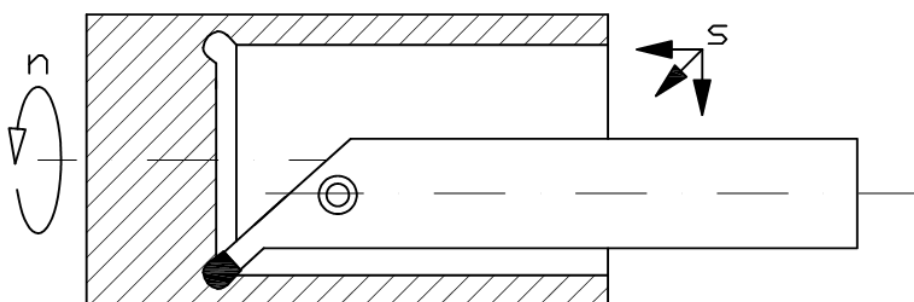


Obr. 2.2 Znázornění minimálního a maximálního průměru<sup>3</sup>

Je to z důvodu toho, že tyto nože jsou konstruovány pro určitý rozsah průměru záběru nože, tak aby nedřely vedlejším hřbetem o obrobený povrch zápichu. Pokud by tato podmínka nebyla dodržena, mohlo by dojít k destrukci nástroje. Dalšími kritérii výběru je maximální délka vyložení, šířka zápichu, jeho hloubka a minimální průměr otvoru obrobku. Nože se dělají v pravém nebo levém provedení.

## 2.2 Vnitřní rohové zapichovací nože

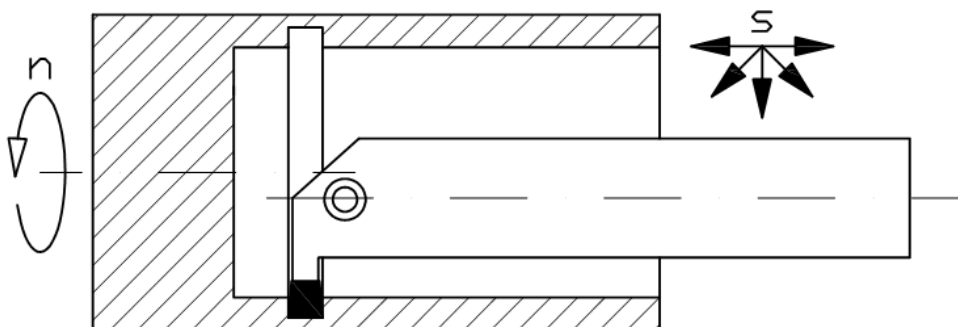
Vnitřní rohové zapichovací nože (obr.2.3), se používají k výrobě zápichů E, F, G, podle ČSN 01 4960<sup>4</sup>. Velikost úhlu nastavení hlavního ostří  $\kappa_r$  se pohybuje v rozpětí 1-70°. Pro upnutí VBD se používá systém ISO G. Tvar tělesa nože je uzpůsoben přístupnosti zápichu a úhlu nastavení hlavního ostří. Stejně jako u axiálních zapichovacích nožů je průřez upínací části uveden normě ČSN ISO 6261<sup>2</sup>. Nože mohou být monolitní, tělo nože s VBD, nebo modulární. Tyto nože mohou být použity pro soustružení vnitřních tvarů, k podélnému soustružení (s omezením hloubky záběru vzhledem k poloměru destičky) a k čelnímu soustružení s malou třískou (začištění čela). Výběr nože závisí na minimálním průměru otvoru obrobku (ve kterém se provádí zápich), maximální délce vyložení a maximální hloubce zápichu. Nože mohou být levé nebo pravé.



Obr. 2.3 Zobrazení rohového zapichovacího nože  
Kde: n-otáčky obrobku, s- pohyb nástroje

## 2.3 Vnitřní radiální zapichovací nože

Jsou to nejpočetněji zastoupené vnitřní zapichovací nože, které umožňují víceúčelové soustružení. Umožňují soustružení zápichů tvaru D a G podle ČSN 01 4960<sup>4</sup>. Dále podélné a tvarové soustružení v díře obrobku. Velikost úhlu nastavení hlavního ostří  $\kappa_r$  je 0°. Tvar nože je zahnutý (obr.2.4) podle  $\kappa_r$ . Těleso nože je stejně jako u axiálního nebo rohového vnitřního nože ve formě vrtací tyče s upínací částí podle ČSN ISO 6261<sup>2</sup>. Také tyto nože mohou být monolitní, těleso nože s VBD nebo jako modulární nože. Vyrábějí se jako pravé nebo levé. Kritéria výběru nože je maximální délka vyložení, minimální šířka zápichu, minimální průměr obráběného otvoru a maximální hloubka zápichu.



Obr. 2.4 Znáornění radiálního zapichovacího nože  
Kde: n-otáčky obrobku, s- pohyb nástroje

## 2.4 Materiály těles zapichovacích nožů

Při maximálním zatížení nože řeznou silou by materiál tělesa nože neměl překročit mez kluzu  $R_e$ . Pokud by k tomu došlo, mohlo by to být příčinou vibrací, které nepříznivě působí na průběh řezu. Materiál nože se proto volí s ohledem na délku vyložení a mez kluzu  $R_e$  uvažovaného materiálu pro těleso nože. Vlastnosti materiálů je možné vylepšit tepelným zpracováním zušlechtním nebo kalením. Pokud je nutno použít délku vyložení výrazně delší, jako maximální délku vyložení, používají se k zabránění vzniku vibrací, tlumiče kmitů. Nebo lze těleso nože vyrobit ze slinutého karbidu. Materiály nožů jsou uvedeny v tabulce číslo 2.1. Hodnoty meze kluzu a meze pevnosti materiálů jsou udávány bez tepelného zpracování.

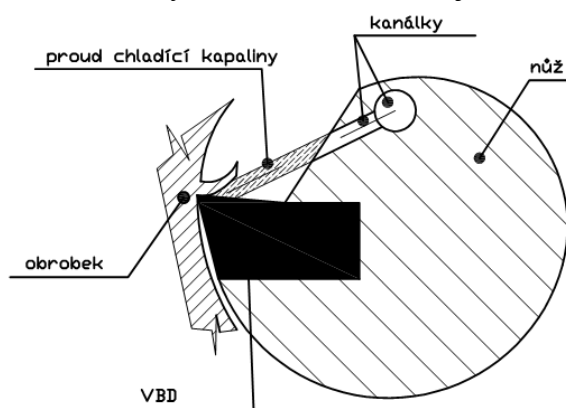
Tab.2.1 Mechanické vlastnosti a tepelné zpracování materiálů těles nožů<sup>5</sup>

Materiály zapichovacích nožů – možnosti tepelného zpracování	$R_{e_{min}}$ [MPa]	$R_{m_{min}}$ [MPa]
<b>12010- zušlechtní</b>	165	290
<b>12020- zušlechtní</b>	205	205
<b>12050- zušlechtní</b>	275	460
<b>14260- kalení</b>	470	690

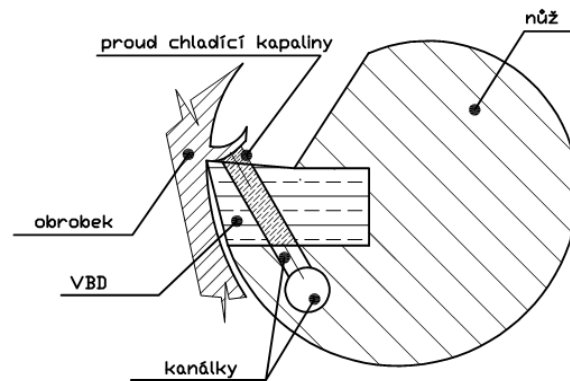
## 2.5 Vnitřní chlazení zapichovacích nožů

Moderních vnitřní zapichovací nože s VBD umožňují vnitřní chlazení pomocí dutiny v tělese nože. Je to z důvodu zmenšení pravděpodobnosti tvorby nárůstku, zlepšení mazání, chlazení a odchodu třísek z místa řezu.

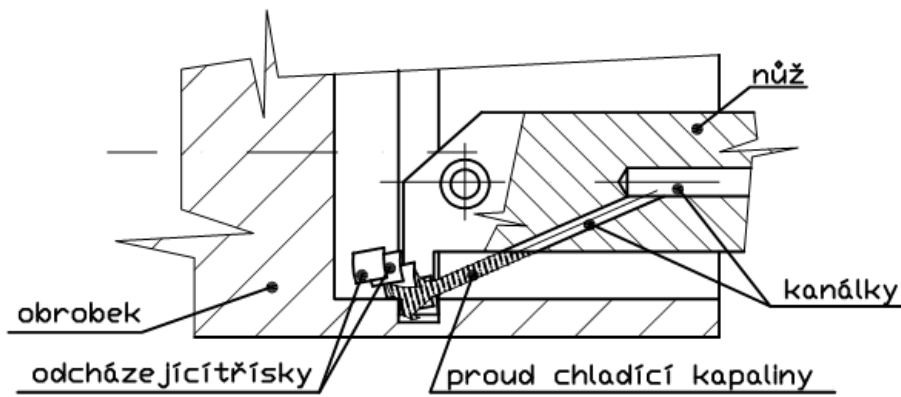
Chlazení bývá většinou provedeno tak, že v koncové části tělesa nože je závit pro matici, která slouží jako spojka mezi tělesem nože a přívodem (přívodnou hadicí) chladicího média. V tělese nože je pak chladicí médium, pomocí kanálků, přivedeno až do místa řezu. Výstupní trysky chlazení mohou nasměrovat proud chladicího média buď z boku na hlavní ostří (obr.2.7), z vrchu na čelo (obr.2.5), nebo otvorem ve VBD (obr.2.6). Problematické je řešení u menších zapichovacích nožů, kde je chlazení řešeno nejčastěji z boku na hlavní ostří, zejména kvůli nedostatku místa nad destičkou a kvůli složité vyrobitelnosti kanálků o malém průřezu (př.:  $\phi 0,8\text{mm}$ ). Správně nasměrovaný proud řezné kapaliny pod vysokým tlakem (30-60 bar), může plnit nejen mazací a chladicí funkci, ale z části i funkci utvařeče. Výsledkem je krátká tříska a zvýšení životnosti nástroje.



Obr. 2.5 Znárodnění nasměrování proudu řezné kapaliny z vrchu na čelo



Obr. 2.6 Znáznornění proudu řezné kapaliny otvorem v VBD



Obr. 2.7 Znáznornění nasměrování proudu řezné kapaliny z boku na hlavní ostří

## 2.6 Upínání zapichovacích nožů

Upínání vnitřních zapichovacích nožů je stejné jako u ostatních vnitřních nožů a vrtacích tyčí. Válcová část upínací části nože (stopka), je nasunuta do díry nožového držáku, nebo vyvrtávací hlavy (obr.2.8), kde je sevřena obvodem díry. Tím je realizováno upnutí nože. Rozměry průřezů upínacích částí jsou uvedeny v normě ČSN 22 0473<sup>6</sup>. Tvary průřezu upínací části mohou být čistě kruhové nebo kruhové s plochami. Tvary průřezů upínacích částí jsou uvedeny v normě ČSN ISO 6261<sup>2</sup>. Výměna nože během obráběcích operací, může být realizována tak, že samotný držák může být spojen pevně se strojem a vyměňují se nože, nebo nejčastěji je nůž upevněn v držáku a vyměněn je držák spolu s nožem (u CNC strojů).

Obr. 2.8 Upnutí vnitřního nože do vyvrtávací hlavy Narex Vh-70<sup>7</sup>

## 2.7 Označování zapichovacích nožů

Vnitřní zapichovací nože se označují podle kódu, uvedenému v technické normě: ČSN ISO 6261<sup>2</sup>, která stanovuje kód pro označení nástrojových držáků pro vnitřní soustružení s válcovou stopkou. Kód obsahuje deset symbolů, kde každý symbol znázorňuje jeden parametr nože.

### 1 2 3 – 4 5 6 7 8 9 10

- Kde:
- 1- značka typu nástroje
  - 2 - číselné označení průměru stopky (př.  $\phi 8\text{mm} \rightarrow 08$ )
  - 3 - značka délky nástroje (př.  $L=125\text{mm} \rightarrow K$ )
  - 
  - 4 - značka metody upnutí destičky (př. Shora upínkou  $\rightarrow C$ )
  - 5 - značka identifikující tvar výměnné břitové destičky (př. obdélník  $\rightarrow L$ )
  - 6 - značka identifikující druh nástroje (př. pro stranové obrábění)
  - 7 - značka znázorňující úhel hřbetu v normální rovině
  - 8 - značka představující chod nástroje (pravořezný, levořezný, neutrální)
  - 9 - značka rozměru destičky
  - 10 - kód představující průřez stopky nože

U výrobců vnitřních zapichovacích nožů se lze setkat s kódem, který nemusí obsahovat všechny symboly uvedené v normě ČSN ISO 6261<sup>2</sup>, nebo může obsahovat symboly zavedené výrobcem. Například označení firmy Pramet (obr.2.9) je prakticky totožné s normou ČSN ISO 6261<sup>2</sup>, označení firmy Taegutec (Obr.2.10) se výrazně odlišuje od této normy. Každý výrobce, ale uvádí ve svém katalogu vysvětlení svého kódového označení.



Obr. 2.9 Kódové označení vnitřních zapichovacích nožů firmy Pramet Tools<sup>8</sup>



Obr. 2.10 Kódové označení vnitřních zapichovacích nožů firmy Taegutec<sup>9</sup>

### 3 ZAPICHOVACÍ VÝMĚNNÉ BŘITOVÉ DESTIČKY-VBD

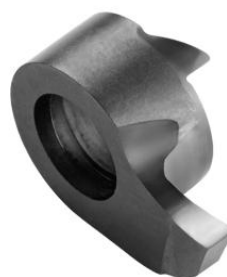
Soustružnické vnitřní zapichovací nože používají zpravidla systém výměnných břitových destiček. V současné době tyto nože postupně vytlačují nože s pájenými řeznými destičkami, i když tělo nože je proti pájenému noži, podstatně dražší.<sup>10</sup> Výhodou oproti pájeným destičkám je rychlá výměna opotřebované destičky a odpadá časově náročné ostření nože.

#### 3.1 Tvary zapichovacích VBD

Většina VBD pro vnitřní zapichování, má obdélníkový tvar (v normě ČSN ISO 1832<sup>11</sup> označen jako „L“) (obr.3.1). Existují také vnitřní zapichovací destičky jiného tvaru, které jsou označovány jako speciální (obr.3.2). Tyto destičky nejsou normalizovány, označení tvaru v ISO kódu je na každém výrobci.



Obr. 3.1 VBD tvaru „L“<sup>9</sup>



Obr. 3.2 Speciální VBD pro vnitřní zapichování malých otvorů<sup>12</sup>

#### 3.2 Geometrie zapichovacích VBD

Geometrie vnitřních zapichovacích VBD (obr.3.3), se stává z: úhlu hřbetu  $\alpha_o$ , vedlejších úhlů hřbetu  $a'_o$  a  $a''_o$ , hlavního ostří, vedlejších ostří, utvařeče třísky, poloměru špičky  $r_\varepsilon$  a úhlu čela  $\gamma_o$ . Geometrie břitu vnitřních zapichovacích VBD je dána: úhlem hřbetu, úhlem čela a utvařečem. Úhel hřbetu je normován podle normy ČSN ISO 1832<sup>11</sup>, úhel čela a utvařeč jsou navrhovány výrobcem. Význam úhlů, poloměru špičky a utvařeče zapichovacích VBD:

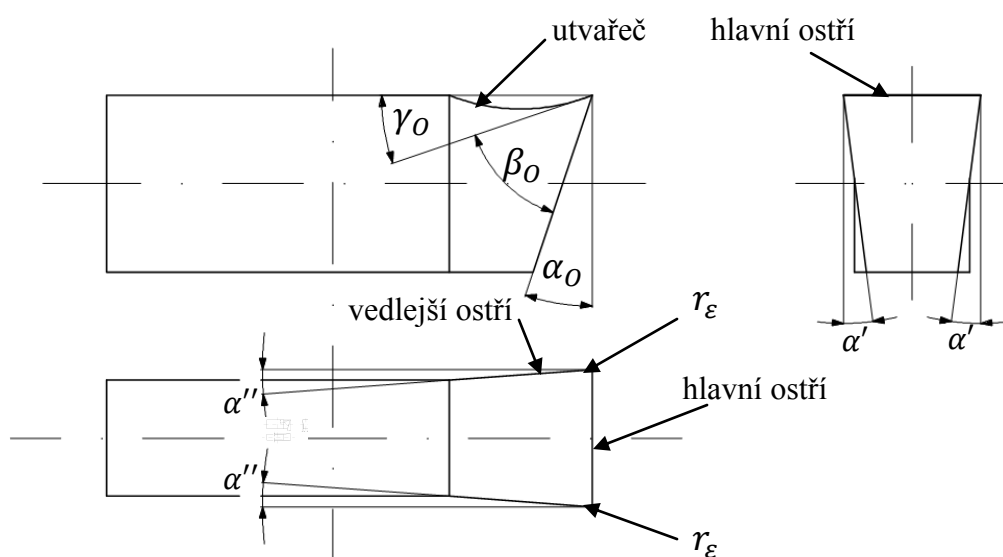
Úhel čela u zapichovacích destiček bývá vždy kladný, je to z důvodu snížení řezného odporu působícího na břit a tím i zajištění větší stability řezu. Na čele je zpravidla vyhlazen utvařeč, který zajišťuje deformaci a odlomení třísky.

Úhel hřbetu jeho velikost je ovlivněna průměrem obráběného otvoru obrobku a velikostí řezné síly (úhel hřbetu má vliv na pevnost břitu). Vedlejší úhly hřbetu zajišťují, aby destička nedřela o stěny v zápichu.

Poloměry špiček mají vliv na jakost zápichu a trvanlivost břitu. Poloměr špičky se navrhuje podle toho, jaké operace bude destička vykonávat. Pokud bude provádět pouze

zapichovací operace, je vhodnější volit menší zaoblení špičky, pokud jde o víceúčelovou VBD (zapichování, podélné soustružení) je vhodnější volit větší rádius, kvůli větší trvanlivosti břitu.

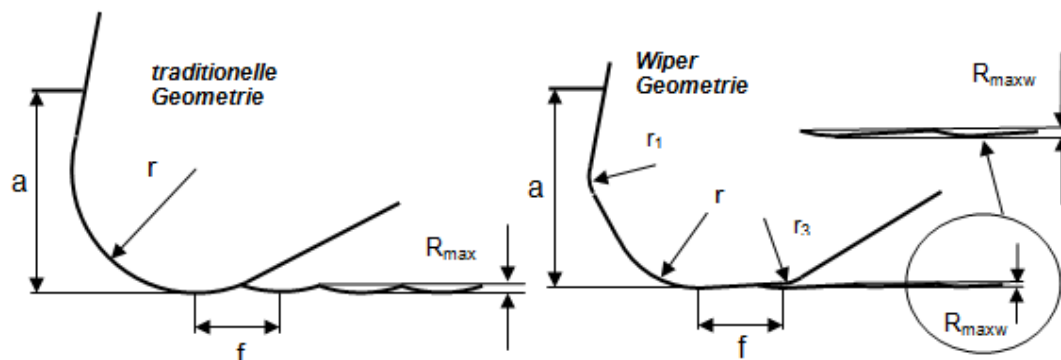
Utvařeč slouží k utváření třísky jdoucí ven z místa řezu. Princip utvařeče je v tom, že tvoří „překážku“ tříse na čelem břitu, ta se překážce snaží vyhnout a tvaruje se zpravidla do spirálovitého nebo půlkruhovitěho tvaru. Utvařeče určené pro zapichování, jsou ve tvaru žlábků na čele, nebo jako vylisované výstupky na čele, nebo kombinací obou provedení. Cílem použití utvařeče je ovlivnit tvar a délku třísky. U vnitřního zapichování je ideální krátká tříska, která rychle odchází z řezu. Kromě utvařeče přispívá k tvorbě krátké třísky, zvýšení řezné rychlosti.



Obr. 3.3 Geometrie zapichovací VBD

### 3.3 Geometrie Wiper

Geometrie VBD Wiper, má hladící plošky na obou stranách rádiusu špičky destičky (obr.3.4). Princip technologie je, že materiál je vlivem posuvu destičky zahlazován ploškou do obrobeneho povrchu. Výsledkem je kvalitnější obrobeneho povrch, oproti klasické geometrii. Tato technologie, zlepšuje integritu povrchové vrstvy.<sup>13</sup> U zapichování tato technologie přispívá ke kvalitnějšímu povrchu zápichu. Tím i ke zmenšení rizika porušení obrobku, při mechanickém namáhání v místě zápichu.



Obr. 3.4 Rozdíl mezi konvenční geometrií VBD a geometrií technologie Wiper<sup>14</sup>

### 3.4 Materiály vnitřních zapichovacích VBD

VBD určené pro vnitřní zapichování jsou vyráběny z povlakovaného slinutého karbidu nebo cermetů.

#### 3.4.1 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou v současnosti nejpoužívanějším řezným materiálem pro výrobu VBD. Samotný materiál je tvořen nejčastěji kobaltem Co, který slouží jako pojivo mezi karbidy (WC, TiC, TaC, NbC).<sup>15</sup> Toto spojení zajišťuje charakteristické vlastnosti slinutého karbidu jako: tvrdost, stálost při vysokých teplotách (až do 800°C) a minimální houževnatost materiálu. Nevýhodou je, že při své tvrdosti je materiál relativně křehký a náchylný vlivem teplotních skokových změn k prasknutí. Slinutý karbid je vyroben pomocí práškové metalurgie, takzvaným slinováním. Jde o výrobní proces, kdy se suroviny pojiva a karbidů ve formě jemného prášku slisují do hrubého tvaru destičky, v této fázi je materiál porézni. Následuje proces slinování, ke kterému dochází ve speciálních pecích, jde o náročnou operaci při které je nutno hlídat teplotu, prostředí v peci a čas slinování, tak aby byla přeměna porézniho výlisku na řezný materiál dokonalá. Po slinování se VBD brousí na požadovaný rozměr. Po této operaci se obvykle na VBD nanáší speciální PVD nebo CVD povlak, který zvyšuje odolnost proti otěru řezného materiálu a umožňuje zvýšení řezné rychlosti oproti nepovlakovaným slinutým karbidům. Pvlaky mohou být jednovrstevné nebo vícevrstevné, šířka povlakové vrstvy se pohybuje v rozmezí 2 - 12 μm. Nejdůležitější povlakové materiály jsou: nitrid titanu (TiN), karbid titanu (TiC), oxid hlinitý (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) a karbonitrid titanu (TiCN).

Použití materiálů SK je rozděleno dle normy ČSN ISO 513<sup>16</sup> do tří skupin K, P, M. Ke každé skupině je přiřazeno číslo, které označuje vhodnost řezného materiálu, k určitému druhu obrábění (soustružení, frézování,...). Rozdělení skupin je realizováno podle typu třísky materiálu obrobku, skupiny jsou odlišeny barevně.

Skupina **P** (modrá) označuje obrábění materiálů, které tvoří dlouhou třísku. Jde o materiály, jako jsou: ocel, ocelolitina, korozivzdorná ocel a temperovanou litinu. Skupina **K** (červená) označuje obrábění materiálů, tvořících krátkou třísku, šedá litina, kalená ocel, nezelezné materiály (hliník, bronz,...). Skupina **M** (žlutá) označuje obrábění astenických korozivzdorných ocelí, žáruvzdorných materiálů, manganových ocelí a legovaných druhů litin.

#### 3.4.2 Cermety

Jsou vyráběny práškovou metalurgií podobně jako karbidy, ale liší se v druhu pojiva. Cermety používají jako pojivo nikl (Ni) a tvoří je karbidy titanu (TiC, TiCN, TiN) s přidáním molybdenu (Mo). Jsou vhodné pro vysoce náročné obráběcí operace (soustružení, vrtání, frézování). Jejich výhodou je vysoká odolnost opotřebení hřbetu, odolávání tvorbě žlábků na čele VBD, chemická stabilita, tvrdost za tepla, malý sklon k vytváření nárustku a odolnost proti oxidačnímu opotřebení. Používají se zejména pro docílení vysoké trvanlivosti břitu, vysoké jakosti obrobenej plochy a přesných rozměrů obrobku. Zapichovací VBD z cermetu vyrábí například firma Tungaloy nebo Ceramtec. Podle ČSN ISO 513 jsou cermety označovány symbolem HT<sup>17</sup>.

Oblast použití cermetů v obrábění: Soustružení – P10 až P20, M05 až M15, K01 až K10

### 3.5 Upínací systémy VBD používané u zapichovacích nožů

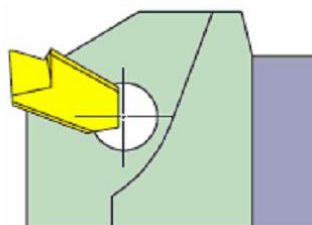
Upínací systémy VBD slouží k upevnění výměnné břitové destičky k tělu nože a její relativně snadné a rychlé výměně. Tyto systémy jsou normalizovány v normě ISO. Zapichovací nože používají nejčastěji dva systémy upnutí destičky: ISO X a ISO G. Výjimku tvoří speciální zapichovací destičky. Například firma ISCAR, používá u speciální destičky pro vnitřní axiální zapichování, upnutí pomocí systému ISO S (obr.3.5.).



Obr. 3.5 Upnutí speciální destičky firmy ISCAR systémem ISO S<sup>18</sup>

#### ISO X (obr. 3.6)

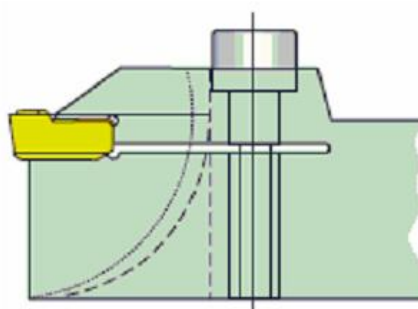
Jde o systém kde je VBD upevněna v lůžku destičky pomocí samosvorné síly, která je dána tolerančním přesahem lůžka oproti VBD. Působením řezné síly je, díky naklonění lůžka, destička tlačena do lůžka a tím se zpevňuje upnutí destičky. Tento typ upínání se používá především pro nástroje určené pro upichování a zapichování.



Obr. 3.6 Upínací systém ISO X<sup>19</sup>

#### ISO G (obr.3.7)

Tento systém upínání se používá u nožů pro soustružení zápichů a u nožů pro kopírovací soustružení. Systém oproti systému ISO X umožňuje, aby byla destička namáhána pasivní složkou řezné síly. Destička je do lůžka držáku dotlačována shora šroubem přes upínku. Dosedací plocha v držáku, v upínce i v destičce, je profilována tak, aby se zabránilo vyvrácení destičky.



Obr. 3.7 Upínací systém ISO G<sup>19</sup>

### 3.6 Označování zapichovacích VBD

Zapichovací VBD jsou označovány znakovým kódem, který je uveden v normě ČSN ISO 1832<sup>11</sup>. Kód normy ISO se skládá, dvanácti symbolů, které určují parametry destičky.

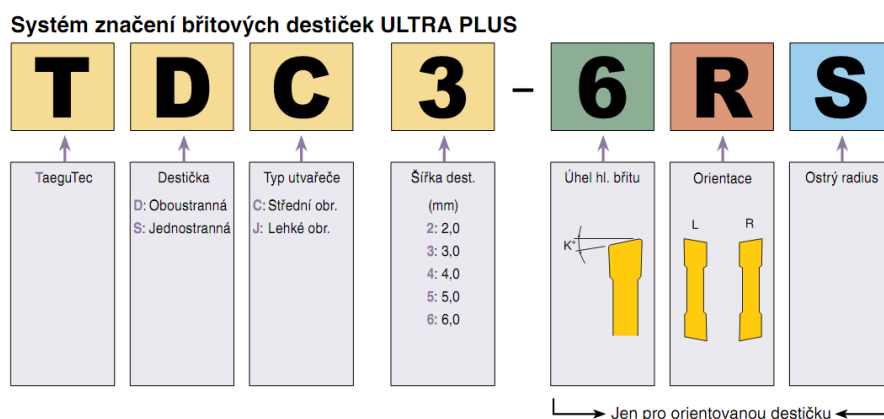
Tab.3.1 Schéma kódového označení VBD podle ČSN ISO 1832<sup>11</sup> normy<sup>20</sup>



Význam symbolů (čísel):

- 1 - tvar břitové destičky
- 2 – úhel hřbetu
- 3 – tolerance rozměrů
- 4 – typ VBD
- 5 – velikost břitové destičky, podle délky ostří
- 6 – tloušťka
- 7 – poloměr špičky
- 8 – provedení břitu
- 9 – provedení destičky, pravé, levé, neutrální
- 10 – šířka fasetky
- 11 – úhel fasetky
- 12 – doplňkové symboly (PF-dokončování, PR-hrubování)

Stejně jako u kódového označování vnitřních zapichovacích noží, nebývá u všech výrobců vnitřních zapichovacích destiček, označení totožné s normou ISO. Například u kódového označení destiček Pramet, šestý symbol udává délku destičky namísto tloušťky, protože uvádět tloušťku je z hlediska výběru zapichovacích VBD nepodstatné. U kódového označování zapichovacích destiček firmy Sandvik Coromant, lze nalézt výraznější odlišnost značení od normy ISO. Například zavádí nové symboly, jako jsou velikost lůžka destičky, symbol vyjadřující úhel nastavení hlavního ostří a symbol udávající počet břitů. Firma Taegutec, neuvádí v kódovém označení (obr.3.8), přesnost tolerancí rozměrů VBD. Tento údaj je uveden, až v tabulce parametrů destičky v katalogu. Oproti označení firmy Pramet, chybí údaj o délce destičky.



Obr. 3.8 Označování zapichovacích destiček firmy Taegutec<sup>9</sup>

## 4 VLASTNÍ NÁVRH VNITŘNÍHO ZAPICHOVACÍHO NOŽE S VBD

V této práci navrhuji řešení vnitřního zapichovacího nože s VBD pro přesné soustružení. Pokusil jsem se navrhnout nástroj, s kterým bude možno provádět tyto soustružnické operace v otvoru: zapichování, podélné soustružení a soustružení tvarů. Jako požadované vstupní parametry pro návrh nože, byly zvoleny:

- minimální rozměr obráběné díry o  $\phi$  22mm
- maximální délka obráběné díry 50mm
- návrh těla nože s vnitřním chlazením

### 4.1 Parametry pro výběr VBD

Při výběru VBD jsem musel zvážit Následující parametry:

- tvar a velikost
- způsob upínání
- geometrie
- maximální hloubku zápichu
- materiál destičky

#### Tvar a velikost

Z hlediska tvaru a velikosti musím vycházet z minimálního rozměru obráběné díry o  $\phi$  22mm a obvyklé šířky vnitřních zápichů v tomto otvoru, která činí 3mm. Tvar se obvykle vybírá podle úhlu nastavení hlavního ostří. Tento návrh předpokládá zapichovací destičku, která má úhel  $\kappa_r$  0°. Její tvar je tedy dán tímto úhlem, jedná se o obdélníkový tvar „L“ podle ČSN ISO 1832. Šířka hlavního ostří, by měla v tomto případě splňovat minimální šířku zápichu 3mm.

#### Způsob upínání

Způsob upnutí VBD byl zvolen tak, aby zabíral co nejméně místa v obráběné díře, nebránil odchodu třísek a přitom dostatečně zajistil její polohu proti posuvu, vlivem řezných sil. V úvahu připadaly dva způsoby upínání VBD podle ISO.

*První varianta* byla volba systému ISO X, tedy upevnění destičky pomocí samosvorné síly. Tato varianta byla zavrhnuta, z důvodu nevyhovujícího principu upnutí, předpokládám - li obráběcí funkci destičky pro zapichování i soustružení. Při podélném soustružení povrchu díry by mohl nastat nerovnoměrný průběh řezných sil působících na destičku, který by mohl vyvolat nežádoucí vibrace a tím destičku uvolnit. Dalším důvodem záporného hodnocení této varianty potřeba místa pro tento systém upnutí VBD. Ve srovnání s místem, vhodným k jeho umístění na noži.

V *druhé variantě* jsem uvažoval, užití systému ISO G. Využívá upínací síly vyvolané upínacím šroubem, který působí na upínku, ta upíná destičku pomocí prizmatického profilu a upínací síly. Jedná o bezpečné upnutí destičky, které umožňuje odolávat jak

axiálním tak radiálním silám na ni působícím. Tato varianta byla nakonec zvolena, také kvůli své malé rozměrové náročnosti.

### Geometrie

Hlavní parametry geometrie VBD budou: úhel hřbetu, délka hlavního ostří, rádius špičky, utvařec třísek. **Úhel hřbetu** bude volen tak aby nezpůsoboval tření břitu o povrch obrobku, to se bude odvíjet od minimálního rozměru obráběné díry ( $\phi$  22mm). **Délka hlavního ostří** bude, jak je výše uvedeno 3mm. **Rádius špičky** bude volen s ohledem na způsob použití VBD (podélné soustružení díry, zapichování). Vycházím z toho, že při zapichování je vhodné volit menší poloměr špičky, z důvodu menšího radiálního řezného odporu. Naopak při podélném soustružení, zapichovací destičkou je lepší volit větší poloměr a to jak z důvodu zmenšení axiálních sil na destičku, tak zvětšení trvanlivosti břitu. **Utvařec třísek**, bude volen podle nabídky výrobců VBD, a také toho jaká vzniká tříska z obráběného materiálu. Materiál, který bude obráběn je nelegovaná a nízkolegovaná konstrukční ocel, u těchto materiálů vzniká tříska ve formě krátkých šroubovic.

### Maximální hloubka zápichu

Maximální hloubka vyrobeného zápichu bude 2,5mm, bude se od ní odvíjet délka VBD.

### Materiál destičky

Materiál destičky a její povlak bude vybrán dle nabídky výrobce s ohledem na obráběný materiál: konstrukční ocel.

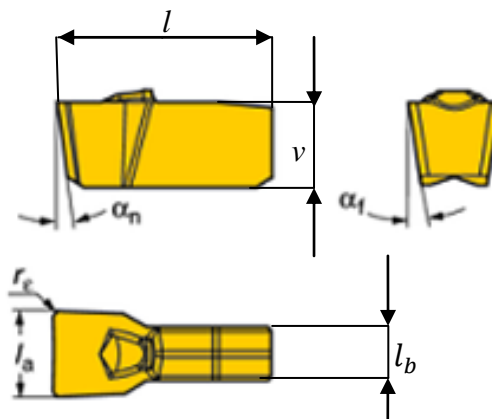
## 4.2 Výběr VBD

Před výběrem vhodných variant destičky, byla prostudována nabídka těchto firem zabývajících se jejich výrobou: Sandvik coromant, Pramet Tools s.r.o., TaeguTec, ZCC CT Group. Jako nejvhodnější byly vybrány tyto tři varianty VBD:

### 1. varianta

výrobce: Sandvik Coromant  
označení výrobce: 151.3-7G

#### T-Max Q-Cut® (Typ 151.3)



Obr. 4.1 Parametry destičky 151.3-7G výrobce Sandvik Coromant<sup>3</sup>

Tab.4.1 Rozměrové parametry destičky 151.3-7G<sup>3</sup>

$\alpha_n$	$\alpha_f$	$r_\epsilon$	$l_a$	$l$	$l_b$	$v$
9°	11°	0,3mm	3mm	8mm	2mm	3mm

Tab.4.2 Technologické parametry destičky 151.3-7G<sup>3</sup>

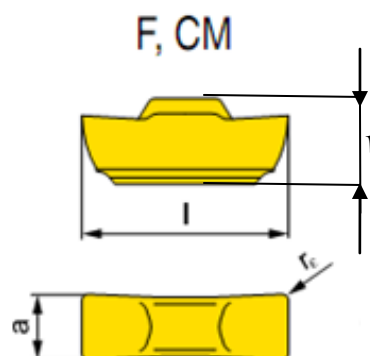
Posuv na otáčku		Hloubka řezu	
$f_{min}$	$f_{max}$	$h_{min}$	$h_{max}$
0,05 mm	0,17 mm	0,2mm	3mm

Popis: jednobřitá vnitřní zapichovací destička umožňující vnitřní zapichování. Upínací plocha je prizmatického tvaru „V“, zajišťuje dostatečnou stabilitu při obrábění. Díky tvaru špičky podle technologie Wiper, je umožněno dosažení kvalitního povrchu zápichu. Pro obrábění oceli (materiálová skupina P), je destička vyrobena ze slinutého karbidu GC 1125 s PVD povlakem. Tento materiál je určen pro zapichovací a soustružnické operace s nízkou hodnotou posuvové rychlosti.

## 2. Varianta

výrobce: Pramet Tools s.r.o.

označení výrobce: LCMF 0313 02 - F

Obr. 4.2 Parametry destičky LCMF 0313 02 - F výrobce Pramet Tools<sup>8</sup>Tab.4.3 Rozměrové parametry destičky LCMF 0313 02 – F<sup>8</sup>

$\alpha_n$	$\alpha_f$	$r_\epsilon$	$a$	$l$	$v$
5°	10°	0,2mm	3mm	12,6mm	4mm

Tab.4.4 Technologické parametry destičky LCMF 0313 02 – F<sup>8</sup>

Posuv na otáčku		Hloubka řezu	
Při zapichování			
$f_{min}$	$f_{max}$	$h_{min}$	$h_{max}$
0,05 mm	0,2 mm	0,3mm	3mm

## Při podélném soustružení díry

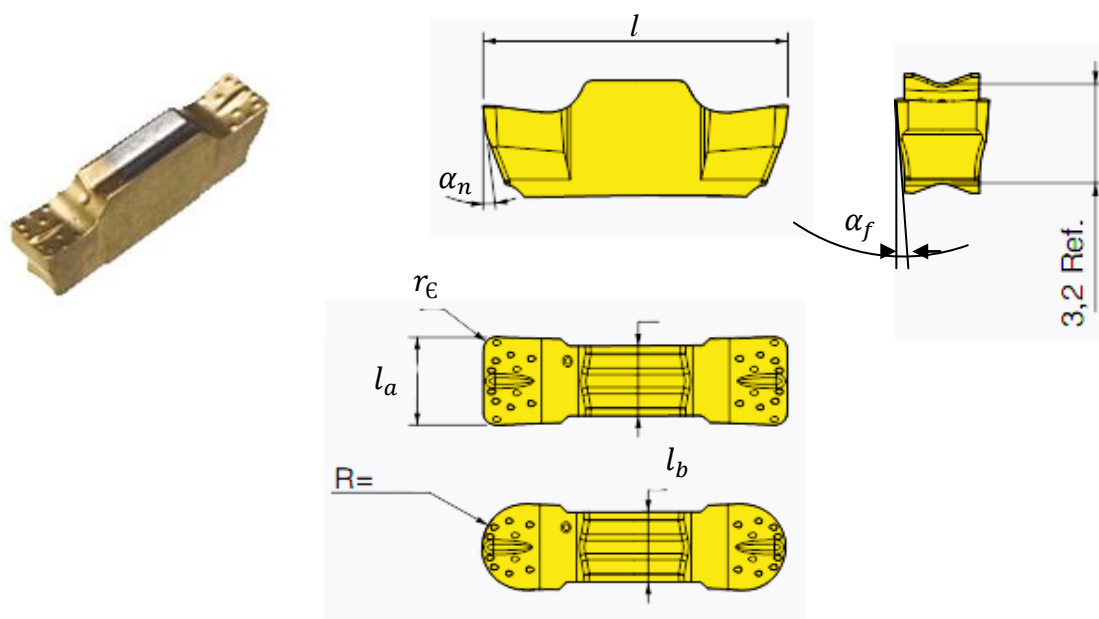
$f_{min}$	$f_{max}$	$h_{min}$	$h_{max}$
0.05 mm	0,25 mm	0,4mm	2mm

Popis: dvojbřitá vnitřní zapichovací destička, určená k jemnému i dokončovacímu, vnitřnímu i zapichovacímu způsobu soustružení. Systém upínání, je ISO G. Poloha destičky je zajištěna pomocí prizmatického tvaru lůžka. Destička je vyrobena ze SK řady T8330 a opatřena PVD povlakem. Tento materiál je vhodný k obrábění materiálů skupin P (ocel), M a K. Tento materiál je určen pro zapichovací a soustružnické operace s nízkou hodnotou posuvové rychlosti. Čelo břitu je opatřeno utvařčem typu F, který umožňuje dobrý odchod třísky.

## 3. Varianta

výrobce: TaeguTec

označení výrobce: TDIP 3.00E-0.20



Obr. 4.3 Parametry destičky TDIP 3.00E-0.20 výrobce TaeguTec<sup>9</sup>

Tab.4.5 Rozměrové parametry destičky TDIP 3.00E-0.20<sup>9</sup>

$\alpha_n$	$\alpha_f$	$r_\epsilon$	$l_a$	$l$	$l_b$
7°	3°	0,2mm	3mm	10mm	2,4mm

Tab.4.6 Technologické parametry destičky TDIP 3.00E-0.20<sup>9</sup>

Posuv na otáčku		Hloubka řezu	
Při zapichování			
$f_{min}$	$f_{max}$	$h_{min}$	$h_{max}$
0.03 mm/ot	0,12 mm/ot	0,3mm	2,5mm

## Při podélném soustružení díry

$f_{min}$	$f_{max}$	$h_{min}$	$h_{max}$
0.04 mm/ot	0,13 mm/ot	0,25mm	1mm

Popis: dvojbrtitá broušená břitová destička určená pro přesné vnitřní soustružení, zapichování i kopírování. Destička je vyrobena ze SK, na niž je nanesen VBD povlak z materiálu TT9080, vyznačuje se vysokou odolností proti opotřebení a přitom si zachovává houževnatost. Kopírovací způsob obrábění je možný při použití řezné hrany půlkruhovitého tvaru (obr.4.5).

Po srovnání výše uvedených destiček byl vybrán typ TDIP 3.00E-0.20 od firmy TaeguTec. Argumenty výběru jsou:

- dva břity jsou výhodné z ekonomického hlediska a rychlé vyměnitelnosti břitů
- malá délka destičky je volena tak, aby se vešla do požadovaného minimálního otvoru obrobku
- široká možnost použití z technologického hlediska, destička umožňuje tyto operace: zapichování, tvarové obrábění a podélné soustružení.
- vlastnosti materiálu VBD: malý sklon k tvorbě nárůstku

#### 4.3 Návrh prvků upínacího systému ISO G

Jako prvky upínacího systému jsou brány: upínací šroub, upínka (je součástí těla nože) a lůžko destičky. Nejproblematictější bylo navrhnout uspořádání polohy šroubu vůči nejmenšímu průřezu upínky a brát v úvahu kanálek v tělese nože pro chladicí kapalinu, tak aby nebyl kanálek proříznut a byla zajištěna funkce upínky. Jako materiál upínacího šroubu M3, jsem zvolil materiál 12050 zušlechťený na 640MPa. Ověření funkce upínky, pomocí návrhových výpočtů je v podkapitole kapitole 4.5.

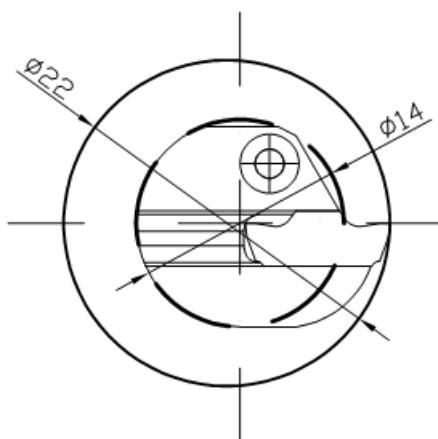
Lůžko destičky je prizmatického tvaru, který odpovídá upínací části destičky. Je počítáno s tím, že lůžko bude vyrobeno technologií elektroerozivního drátového řezání. Tato technologie je výhodná proto, že umožňuje výrobu složitých tvarů i malých rozměrů. Jediným omezujícím faktorem je průřez drátu, který se vyrábí od průměru 0,05mm, což rozměrům lůžka plně vyhovuje. Drsnost povrchu obrobenej plochy se dosahuje  $R_a$  0,8 $\mu$ m. U této technologie lze běžně dosáhnout přesnost rozměru H7.

#### 4.4 Návrh tělesa nože

Při návrhu tělesa nože vycházím ze zadaných parametrů: minimální průměr obráběného otvoru o  $\phi$ 22mm, těleso nože s vnitřním chlazením. V návrhu je potřeba stanovit průřez tělesa nože, tvar a rozměr upínací části, délku vyložení nože a řešení systému chlazení.

#### 4.4.1 Volba průřezu těla nože

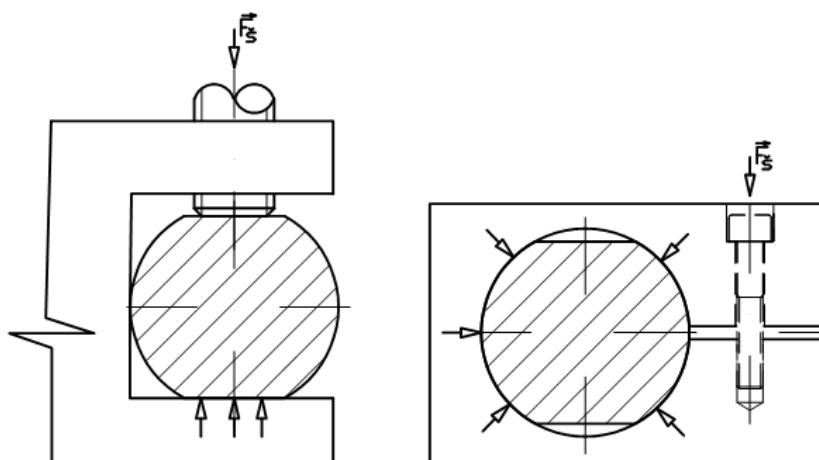
Průřez nože bude kruhový jako u vnitřních nožů stanovených podle normy ČSN ISO 6261<sup>2</sup>. Průměr průřezu jsem, po grafickém znázornění nože v otvoru (obr.4.4), zvolil 14mm. Navrhovaný průměr by měl být co největší, aby se předešlo vzniku vibrací nože, ale zároveň nesmí být tak velký, aby znemožňoval odchod třísek z místa řezu.



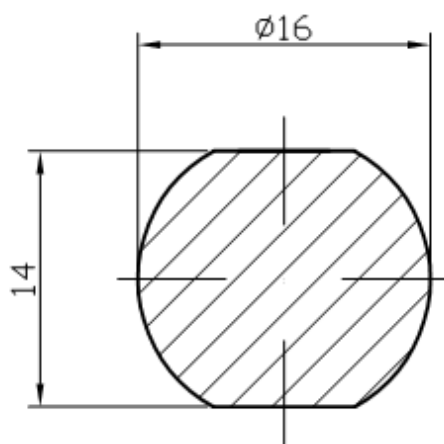
Obr. 4.4 grafické znázornění nože v otvoru

#### 4.4.2 Upínací část

Upínací část jsem zvolil tak, aby šel nůž upnout do držáku pro vnitřní nože a vyvrtávací tyče. Upnutí bude realizováno sevřením válcové upínací části nože, v otvoru nožového držáku (obr.4.5). Na vrchní a spodní části upínací plochy bude vyfrézováno zploštění, které umožní upnutí do nožové hlavy univerzálního hrotového soustruhu. Průměr upínací části bude mít  $\phi 16\text{mm}$ , podle normy ČSN 22 0473<sup>6</sup>, která stanovuje rozměry upínacích částí nožů. Průřez upínací části, bude kruhovitý se zploštěním (obr.4.6) podle ČSN ISO 6261<sup>2</sup>. Délku upínací části by měla být minimálně čtyřnásobek průměru upínací části, aby se zabránilo vzniku vibrací vlivem řezné síly. U mého návrhu volím délku upínací části 70mm.



Obr. 4.5 Znázornění způsobů upnutí nože



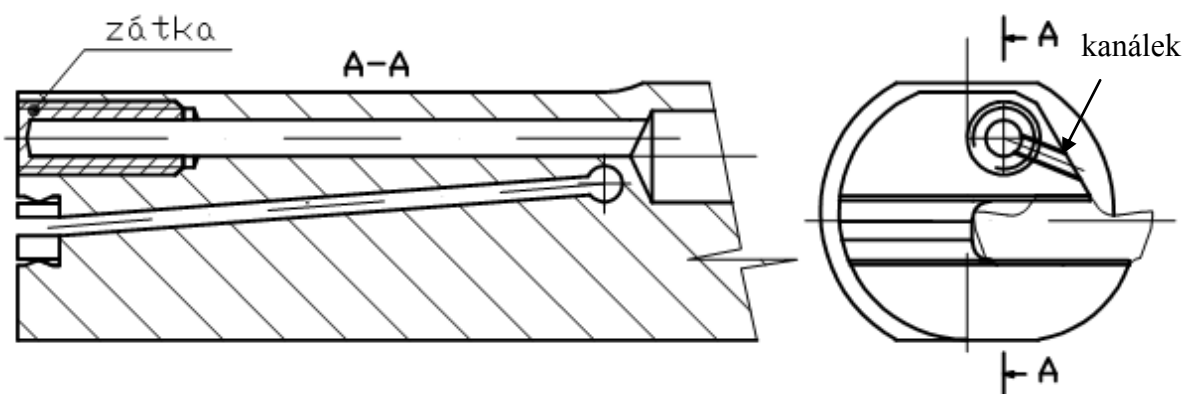
Obr. 4.6 Tvar a rozměry upínací části podle ISO

#### 4.4.3 Délka vyložení

Maximální délka vyložení se stanoví výpočtem po úpravě ze vzorce pro výpočet ohybového momentu. Výpočet je uveden v části 4.5.2 Maximální délka pro  $\phi 14\text{mm}$  byla vypočtena 74mm. Vzhledem k tomu, že maximální délka obráběných děr by neměla překročit délku 50mm, zvolím maximální délku vyložení 50mm.

#### 4.4.4 Řešení systému chlazení

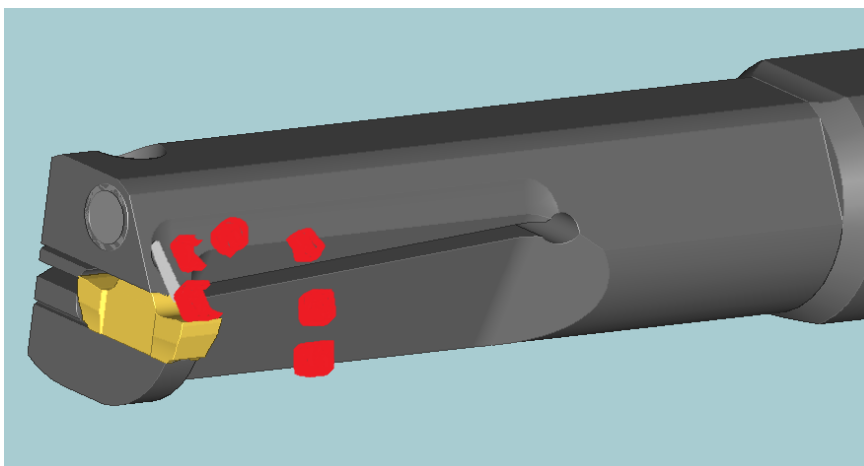
Vnitřní chlazení u takto rozměrově malých nožů je obtížné, kvůli nedostatku místa. Zvolil jsem způsob chlazení přímo do prostoru řezu (obr.2.5). Problém s vyrobiteľností kanálek pro přívod kapaliny, jsem vyřešil tak, že budou vyvrtány dva průměry z každé strany (obr.4.7). Jeden menší (z důvodů malého prostoru na upínací systém VBD), který bude zakončen ucpávkou, se slepím otvorem. Ucpávka bude zašroubovaná na závit a zajištěna lepidlem. Přívodný otvor bude vyvrtán pod úhlem a provrtán do kanálku (obr.4.7) menšího průměru, přes ucpávku. Větší přívodný kanálek bude zakončen trubkovým závitem, na zašroubování matice přívodné hadice chladicí kapaliny.



Obr. 4.7 Umístění kanálek pro chladicí kapalinu

#### 4.4.5 Odvod třísek z místa řezu

V mém návrhu je řešen odchod třísek z řezu, odplavováním proudem chladicí kapaliny s usměrněním třísky pomocí vyfrézovaného vybrání na těle nože (obr.4.8). Předpokládám, že třísky nebudou odcházet z řezu pouze touto cestou, ale v podstatě v celém prostoru okolo nože. Pro lepší představu prostoru, pro odchod třísek kolem nože, jsem vymodeloval 3D model nože v maximální hloubce zápichu v minimálním průměru otvoru doporučeném pro tento návrh nože (obr.4.9).



Obr. 4.8 Odvod třísek pomocí vybrání na těle nože (červeně znázorněny odcházející třísky)



Obr. 4.9 Nůž v otvoru o  $\phi 22\text{mm}$

#### 4.4.6 Volba materiálu tělesa nože

Tělo nože bude malých rozměrů a bude odolávat dynamickému namáhání. Materiál nože bude 12050 zušlechtěn na 700MPa. V tabulce uvádím mechanické parametry před a po zušlechtění oceli 12050 (Tab.4.7).

Tab.4.7 Mechanické vlastnosti oceli 12050 po zušlechtění<sup>5</sup>

Mechanické vlastnosti oceli 12050	Před zušlechtěním	Po zušlechtění
Mez pevnosti $R_m$	440MPa	700MPa
Mez kluzu $R_e$	275MPa	420MPa

#### 4.5 Návrhové výpočty nože

V následující části uvádím návrhové výpočty nože. K ověření funkce jednotlivých částí nože.

##### 4.5.1 Výpočet působící řezné síly

Při výpočtu budu uvažovat maximální posuv a šířku řezu „s“ pro vybranou destičku TDIP 3.00E-0.20. Dále budu ve výpočtu uvažovat jako obráběný materiál konstrukční ocel o maximální pevnosti 750MPa. Materiálové konstanty a exponenty jsou stanoveny z tabulek uvedených v příloze číslo 5. Provedl jsem jen výpočet řezných sil při zapichování, u podélného soustružení je menší hloubka řezu a tedy i menší řezná síla. Ke stanovení plochy průřezu nože bude postačovat výpočet hlavní složky celkové řezné síly  $F_c$ .

Vzorec pro výpočet řezné síly:

$$F_c = C_{F_c} \cdot a_p^{x_{F_c}} \cdot f^{y_{F_c}} \quad [\text{N}] \quad (4.1)$$

kde:  $F_c$ [N] - řezná síla  
 $C_{F_c}$ [-] - materiálová konstanta  
 $a_p$ [mm] - šířka záběru ostří  
 $x_{F_c}$ [-] - exponent vlivu posuvu  $f$   
 $y_{F_c}$ [-] - exponent vlivu  $a_p$   
 $f$ [mm] - posuv na otáčku

Řezná síla při zapichování

Zadané parametry:

$$C_{F_c} = 2640$$

$$C_{F_f} = 0$$

$$x_{F_c} = 1$$

$$y_{F_c} = 1$$

$$a_p = 3\text{mm}$$

$$f = 0,13 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$$

Výpočet:

$$F_c = C_{F_c} \cdot a_p^{x_{F_c}} \cdot f^{y_{F_c}} = 2640 \cdot 3^1 \cdot 0,13^1 = 1029,6 \text{ N}$$

Maximální řezná síla působící na břit nože bude 1029

##### 4.5.2 výpočet délky vyložení

Výpočet délky vyložení nože z rovnice ohybového momentu:

$$M_o = F_c \cdot l_{v_{\max}} = W_o \cdot \sigma_{\text{dov}} \quad [\text{Nmm}] \quad (4.2)$$

kde:  $M_o$  [Nmm] - ohybový moment  
 $F_c$  [Nmm] - působící řezná síla  
 $l_{v_{max}}$  [Nmm] - maximální délka vyložení  
 $W_o$  [mm<sup>4</sup>] - modul průřezu v ohybu  
 $\sigma_{dov}$  [MPa] - dovolené napětí materiálu

Zadané parametry:

$$F_c = 1029,6 \text{ N}$$

$$d_{nože} = d = 14 \text{ mm}$$

$$\sigma_{dov} = \frac{R_{e_{oceli\ 12050}}}{1,5} = \frac{420}{1,5} = 280 \text{ MPa}$$

Výpočet:

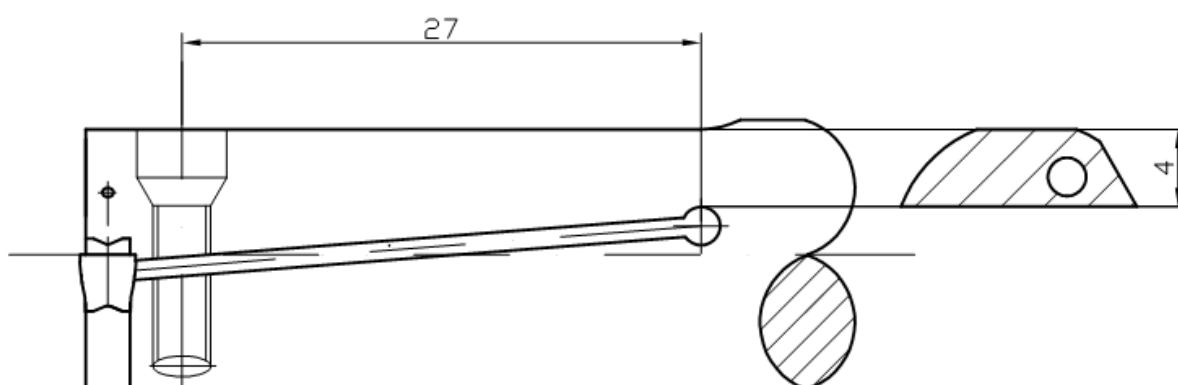
$$M_o = F_c \cdot l_{v_{max}} = W_o \cdot \sigma_{dov} \rightarrow \frac{W_o \cdot \sigma_{dov}}{F_c} = l_{v_{max}}$$

$$W_{okruh} = d^3 \cdot 10^{-1} = 2744 \cdot 0,1 = 274,4 \text{ mm}^3$$

$$l_{v_{max}} = \frac{W_o \cdot \sigma_{dov}}{F_c} = \frac{274,4 \cdot 280}{1029,6} = 74,6 \text{ mm}$$

Dle výpočtu je maximální délka vyložení 74,6,3mm. S ohledem na předpokládanou délku obráběných děr budu volit maximální délku vyložení 50mm.

#### 4.5.3 Kontrolní výpočet funkčnosti upínacího systému



Obr. 4.10 Vzdálenost upínacího šroubu od nejmenšího průřezu

Kontrolní výpočet na funkčnost systému se skládá z výpočtu maximální upínací síly šroubu a velikosti průhybu upínky vlivem upínací síly šroubu. Aby byl upínací systém funkční, musí síla při dotažení šroubu stlačit upínku směrem dolů, tak aby došlo k sevření destičky v lůžku.

#### 4.5.3.1 Výpočet maximální upínací síly šroubu

Vzorec pro výpočet maximálního dovoleného tahového napětí v průřezu šroubu:

$$\sigma_{\text{dov}} = \frac{F_{\text{o max}}}{S} \quad [\text{MPa}] \quad (4.3)$$

kde:  $\sigma_{\text{dov}}$  [MPa] - dovolené napětí v tahu materiálu šroubu  
 $F_{\text{o max}}$  [N] - maximální možná síla působící v ose šroubu  
 $S$  [mm<sup>2</sup>] - průřez šroubu

Vzorec pro výpočet obsahu průřezu malého průměru šroubu:

$$S_k = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \quad [\text{mm}^2] \quad (4.4)$$

Kde:  $S_k$  [mm<sup>2</sup>] – obsah malého průřezu šroubu  
 $\pi$  [-] - konstanta  
 $d_3$  [mm] – malý průměr šroubu

vzorec pro výpočet osově síly šroubu:

$$F_o = \frac{F_{\text{o max}}}{k} \quad [\text{N}] \quad (4.5)$$

Kde:  $F_{\text{o max}}$  [N] - maximální možná síla působící v ose šroubu  
 $F_o$  [N] - maximální síla působící v ose šroubu při dotažení  
 $k$  [-]-součinitel bezpečnosti

Vstupní parametry:

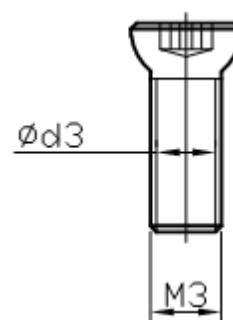
šroub: M3x0,35-6g  
 materiál šroubu pevnostní třídy 8.8 : 12050 zušlechtěno na 640 MPa  
 nejmenší průměr šroubu:  $\phi d_3 = 2,5 \text{ mm}$   
 $\sigma_{\text{dov}} = 640 \text{ MPa}$   
 $F_{\text{o max}} = ? \text{ N}$

výpočet:

$$S_k = \frac{\pi \cdot 2,5^2}{4} = 4,9 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\text{dov}} = \frac{F_{\text{o max}}}{S} \rightarrow F_{\text{o max}} = \sigma_{\text{dov}} \cdot S$$

$$F_{\text{o max}} = 640 \cdot 4,9 = 3136 \text{ N}$$



Obr. 4.11 náčrt šroubu

$$F_o = \frac{3136}{1,5} = 2090,1 \text{ N}$$

Maximální síla působící v ose šroubu při dotažení je 2090,1 N.

#### 4.5.3.2 Výpočet délky závitu pro šroub v těle nože

Vzorec pro výpočet minimálního počtu závitů v matici šroubu:

$$z = \frac{F_o}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_d} \quad (4.6)$$

kde:  $F_o$ [N] - maximální síla působící v ose šroubu při dotažení

$d_2$ [mm] - střední průměr závitu

$H_1$ [mm] - výška zubu závitu matice

$p_d$ [MPa] - dovolený tlak v závitě pevnostní třídy 8.8

$\pi$  [-] - konstanta

$z$  [-] - minimální počet závitů pro matici šroubu

výpočet:

$$z = \frac{2090,1}{\pi \cdot 2,773 \cdot 0,1895 \cdot 150} = 8,44 \cong 8,5 \text{ závitů}$$

Počet závitů v „matici“ (v těle nože) pro šroub, bude minimálně 8,5 závitů.

Vzorec pro výpočet výšky zubu závitu:

$$H_1 = \frac{(d - D_1)}{2} \quad (4.7)$$

kde:  $H_1$ [mm] - výška zubu závitu matice

$d$  [mm] - velký průměr závitu matice

$D_1$  [mm] - malý průměr závitu matice

výpočet:

$$H_1 = \frac{(3 - 2,621)}{2} = 0,185 \text{ mm}$$

Výška zubu závitu bude 0,185mm.

Vzorec pro výpočet minimální délky závitu pro šroub:

$$m = z \cdot p \quad (4.8)$$

kde:  $z$  [-] - minimální počet závitů pro matici šroubu

$p$  [mm] - stoupání závitu

$m$  [mm] - délka závitu v matici

výpočet:

$$m = 8,5 \cdot 0,35 = 2,98 \cong 3\text{mm}$$

Minimální délka závitu pro šroub v těle nože bude 3mm.

#### 4.5.3.3 Výpočet utahovacího momentu šroubu

Vzorec pro výpočet utahovacího momentu:

$$M_u = F_o \cdot \left[ f_t \cdot \frac{D}{2} + \tan(\varphi + \beta) \cdot \frac{d_2}{2} \right] \quad (4.9)$$

Kde:  $D[\text{mm}]$  - velký průměr závitu šroubu

$F_o[\text{N}]$  - maximální síla působící v ose šroubu při dotažení

$f_t[\text{N}]$  - součinitel tření v závitu

$\varphi[^\circ]$  - třecí úhel

$\beta[^\circ]$  - úhel stoupání závitu

$d_2[\text{mm}]$  - střední průměr závitu

$M_u[\text{Nmm}]$  - maximální dotahovací moment šroubu

Výpočet:

$$M_u = 2090,1 \cdot \left[ 0,1 \cdot \frac{3}{2} + \tan(2^\circ 38' + 0^\circ 24') \cdot \frac{2,773}{2} \right] = 448,5\text{Nmm}$$

Utahovací moment šroubu bude 448,5Nmm.

Vzorec pro výpočet třecího úhlu:

$$\varphi = \arctang \cdot f_{tz} \quad (4.10)$$

kde:  $\varphi[^\circ]$  - třecí úhel

$f_{tz}[\text{N}]$  - součinitel tření v závitu

$\arctang [^\circ]$  - goniometrická funkce

výpočet:

$$\varphi = \arctang \cdot 0,046 = 2^\circ 38'$$

Hodnota třecího úhlu bude  $2^\circ 38'$ .

#### 4.5.3.4 Výpočet síly potřebné k dotažení šroubu

V rámci výpočtu uvažuji „T“ klíč, o délce ramene  $L = 80\text{mm}$ .

$$F_u = \frac{M_u}{L_2} \quad (4.11)$$

Kde:  $M_u$ [Nmm] - maximální dotahovací moment šroubu

$F_u$ [N] - dotahovací síla

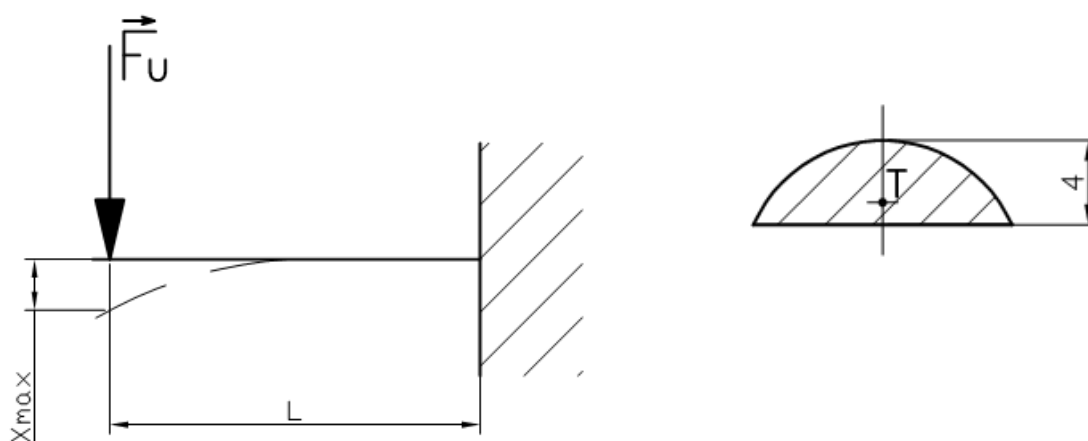
$L_2$  [mm] - délka ramene dotahovacího klíče

Výpočet:

$$F_u = \frac{448,5}{80} = 5,6\text{N}$$

Síla potřebná k dotažení šroubu klíčem je 5,6N

#### 4.5.3.5 Výpočet maximálního stlačení upínky silou šroubu



Obr. 4.12 Zjednodušené znázornění prohnutí a počítaného průřezu

Při výpočtu vycházím ze vzorce pro ohyb vetknutého nosníku zatíženého silou  $F$ . Průřez nosníku (upínky) byl zvolen v nejužším místě. Pro zjednodušení výpočtu kvadratického momentu průřezu  $J_x$ , jsem použil vzorec pro průřez ve tvaru kruhové úseče (obr.4.12).

Vzorec pro výpočet ohybu vetknutého nosníku zatíženého silou:

$$x_{\max} = \frac{F_o \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot J_x} \quad (4.12)$$

kde:  $x_{\max}$ [mm]-maximální posuv síly  $F$  (prohnutí)

$F_o$ [N] - osová upínací síla šroubu působící na upínku

$L$ [mm] - délka nosníku (délka od nejmenšího průřezu upínky po upínací sílu)

$E$ [MPa] - modul pružnosti v ohybu oceli

$J_x$ [mm<sup>4</sup>] - kvadratický moment průřezu ve tvaru kruhové úseče

Vzorec pro výpočet kvadratický moment průřezu ve tvaru kruhové úseče:

$$J_x = 0,109 \cdot 8 \cdot r_v^4 \quad (4.13)$$

kde:  $J_x$ [mm<sup>4</sup>] - kvadratický moment průřezu ve tvaru kruhové úseče  
 $r_v$ [mm] - výška kruhové úseče

Vstupní parametry:

$$F_o = 2090,1 \text{ N}$$

$$E_{\text{Ocel}} = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

$$L = 27 \text{ mm}$$

$$J_x = ? \text{ mm}^4$$

$$x_{\text{max}} = ? \text{ mm}$$

Výpočet:

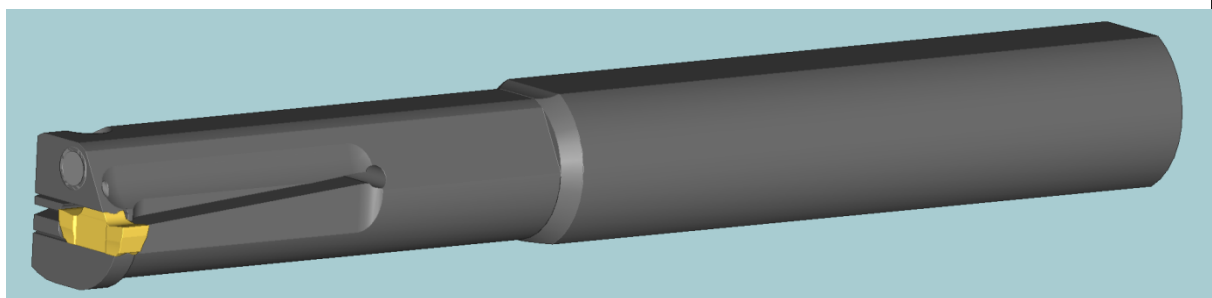
$$J_x = 0,109 \cdot 8 \cdot 4^4 = 223,23 \text{ mm}^4$$

$$x_{\text{max}} = \frac{2090,1 \cdot 27^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 223,23} = 0,30 \text{ mm}$$

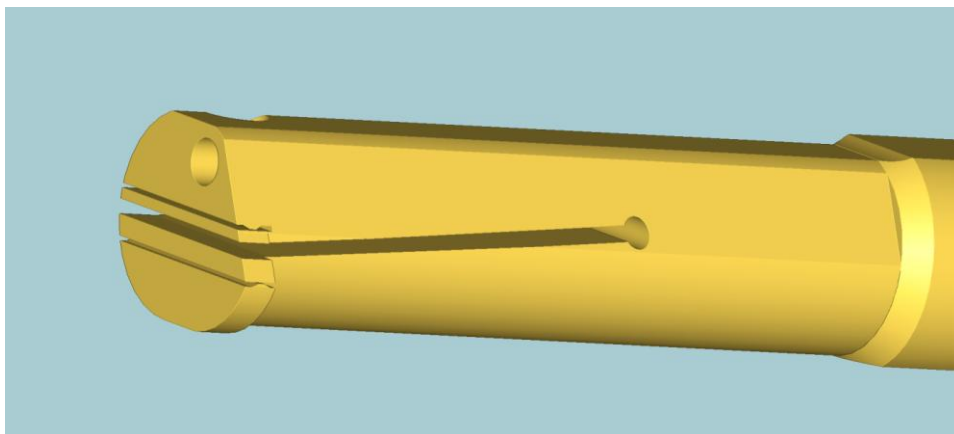
Z výsledku výpočtu vyplývá, že při dotažení šroubu dojde ke stlačení upínky o 0,3mm. Pokud bude lůžko destičky vyrobeno s přesností na setiny milimetru, lze říct, že upínka bude funkční.

## 5 3D MODEL NOŽE

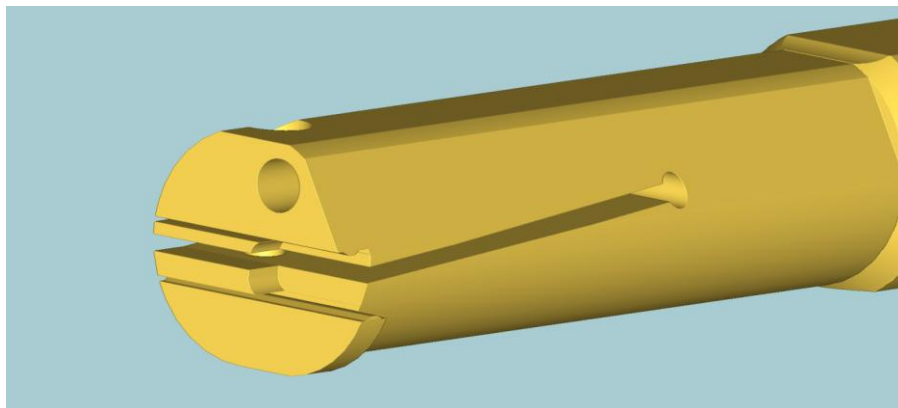
Modelování, je bezesporu budoucností navrhování, ve všech strojírenských oborech.<sup>21</sup> Výhodou je, že před vyrobením prototypu, lze získat detailní představu, jak bude model prostorově vypadat a poopravit případné nedostatky návrhu. Pro vytvoření 3D modelu nože (obr.5.1), mého návrhu, jsem použil 3D program VariCAD. Pro lepší představu výroby lůžka pro destičku, jsem zde uvedl obrázky, pro operaci vyřezání tvaru lůžka pomocí elektroerozivního drátového řezání (operace 07/07) a frézování odlehčení lůžka (operace 08/08).



Obr.5.1 3D model návrhu nože



Obr. 5.2 Vyřezání tvaru lůžka pomocí elektroerozivního drátového řezání v operaci 07/07



Obr. 5.3 Frézování odlehčení lůžka (operace 08/08)

## 6 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU VÝROBY TĚLESA NOŽE A HRUBÁ CENOVÁ KALKULACE CENY NOŽE

PRACOVNÍ POSTUP					
Součást: TĚLESO SOUSTRUŽNICKÉHO NOŽE			Číslo výkresu: 3-A01-03/01		
Materiál: 12050.7		Polotovar: KR 20h11 ČSN 426510.12-12050.0	Hmotnost[kg] Hrubá: Čistá: 0,12		
Číslo oper.	Pracoviště	Popis práce	$t_{as}$	$t_{a_{11}}$	Cena [kč]
	Typ stroje				
01/01	Kalírna	Kontrolovat rozměry tyče KR 20h11 ČSN 426510.12-12050.0, délky 3m		0,1	50
		Zušlechtit tyč na 700MPa+1MPa			45
		Kontrolovat pevnost tyče		0,02	
02/02	Soustružna MAS SP 180	Zavést tyč do vřetena upnout za $\varnothing$ 20h11, kontrolovat délku vyložení 5mm		0,05	
		Zarovnat čelo	0,12		96
		Navrtat středící důlek	0,08		64
		Očistit vzduchem obrobek a sklíčidlo, povolit sklíčidlo, vysunout na délku vyložení 140mm, dotáhnout sklíčidlo a obrobek podepřít hrotem		0,09	
		Soustružit $\varnothing$ 20h11 na $\varnothing$ 18,6mm do délky 136 mm	0,2		160
		Soustružit zápich šířky 4mm, na průměru $\varnothing$ 14mm, 7,4mm od čela	0,076		60,8
		Soustružit $\varnothing$ 18,6 na $\varnothing$ 14mm, začít 9mm od čela do délky 58mm od čela	0,4		320
		Soustružit $\varnothing$ 18,6 o délce 79.5mm na $\varnothing$ 16,3 do délky 75mm	0,5		400
		Soustružit na čisto $\varnothing$ 16,3 o délce 75mm na $\varnothing$ 16g8 o délce 75mm	0,2		160
		Frézovat šikmou plochu pod úhlem 30° do délky 58mm	0,15		120
		Frézovat zploštění 13,5mm na $\varnothing$ 14mm do délky 58mm	0,15		120
		Frézovat zploštění 14mm na $\varnothing$ 16g8 do délky 70mm	0,175		140
		Frézovat tvar přední části nože na $\varnothing$ 18,6 do délky 7,4mm	0,2		160
		Upíchnout na délku 132mm od čela	0,03		24
		Očistit vzduchem obrobek i sklíčidlo		0,02	
		Kontrolovat všechny rozměry		0,2	
		03/03	Soustružna S 32	Upnout obrobek do přípravku za $\varnothing$ 14mm, potom upnout obrobek s přípravkem do sklíčidla, o délce vyložení 10mm	
Zarovnat čelo na délku 127mm	0,09				72

		Očistit sklíčidlo vzduchem, vyjmout přípravek, vyjmout obrobek z přípravku		0,09	
		Upnout obrobek za $\varnothing 16g8$ do přípravku, potom přípravek upnout do sklíčidla o délce vyložení 8mm		0,09	
		Zarovnat čelo na délku 124.7mm a srazit hranu $0,5 \times 45^\circ$	0,09		72
		Kontrolovat rozměry			
04/04	Zámečnická Dílna V 16 A	Upnout obrobek za $\varnothing 16g8$ do přípravku, potom přípravek upnout do sklíčidla dělicí hlavy na souřadném stole o délce vyložení 8mm		0,18	
		Navrtat středící důlek	0,08		24
		Vrtat $\varnothing 3,2mm$ do délky 10mm	0,19		6
		Vrtat $\varnothing 2mm$ do délky 34,5mm	0,2		60
		Řezat závit M4 do délky 9,5mm	0,17		51
		Srazit hranu $0,5 \times 45^\circ$	0,02		6
		Očistit vzduchem, vyjmout obrobek s přípravkem ze sklíčidla		0,18	
		Kontrola rozměrů		0,2	
05/05	Zámečnická Dílna V 16 A	Upnout obrobek do přípravku za $\varnothing 14mm$ , potom upnout obrobek s přípravkem do sklíčidla dělicí hlavy na souřadném stole o délce vyložení 8mm		0,18	
		Navrtat středící důlek	0,08		24
		Vrtat $\varnothing 6,5mm$ do délky 11mm	0,12		36
		Vrtat $\varnothing 5mm$ do délky 90,1mm	0,4		120
		Srazit hranu $0,5 \times 45^\circ$	0,02		6
		Řezat závit G1/16A do délky 10mm	0,2		60
		Očistit vzduchem, vyjmout obrobek s přípravkem ze sklíčidla		0,18	
		Kontrola rozměrů		0,2	
06/06	Zámečnická Dílna V 16 A	Upnout obrobek do svěráku za $\varnothing 14mm$		0,15	
		Vrtat drážkovací frézou $\varnothing 5$ do hloubky 2,5mm	0,029		9
		Navrtat středící důlek	0,08		24
		Vrtat $\varnothing 3,2mm$ do hloubky 4,8mm	0,06		18
		Vrtat $\varnothing 2,5mm$ do hloubky 6,3mm	0,12		36
		Zahloubit $\varnothing 3,2mm$ na $60^\circ$ do délky 1,3mm	0,045		13,5
		Řezat závit M3 do délky 6,3mm	0,1		30
		Očistit vzduchem		0,02	
		Kontrola rozměrů		0,15	
07/07	Obrobna Fanuc Robocut	Upnout obrobek		0,2	
		Vyřezat drátkem lůžko destičky	0,174		78,3
		Vyřezat drátkem prorez do délky 34mm	0,569		256
		Očistit vzduchem		0,02	
		Kontrola rozměrů		0,2	
08/08	Frézovna	Upnout obrobek do přípravku za $\varnothing 14mm$ , potom		0,18	

	FNGJ 20 D	upnout obrobek s přípravkem do sklíčidla dělicí hlavy o délce vyložení 8mm			
		otočit dělicí hlavu o 22°		0,1	
		Frézovat otvor chlazení o $\varnothing$ 1mm do délky 4,5mm	0,25		75
		Natočit dělicí hlavu svisle o 90°		0,1	
		Frézovat odlehčení lůžka destičky do délky 8,5mm	0,1		30
		Frézovat odlehčení pro odvod třísky	0,155		46,5
		Frézovat odlehčení stopky pro odvod třísky	0,145		43,5
		Očistit vzduchem		0,02	
		Kontrolovat rozměry		0,2	
09/09	Zámečnická Dílna	Apretura		0,25	30
10/10	OTK	Kontrolovat vzhled a všechny rozměry dle výkresu		0,2	
11/11	Kalírna	Alkalicky černit			45
12/12	Zámečnická Dílna	Zalepit ucpávku do těla nože		0,08	
	V 16 A	Svrtat ucpávku s tělem nože	0,05		15
		Důkladně vyčistit vzduchem otvory pro přívod chladicí kapaliny		0,05	
13/13	Montáž	Zkompletovat nůž podle montážního výkresu			
14/14	Skład	Nakonzervovat nůž a zabalit			
		Součet	5,818	3,58	3207

### Hrubá kalkulace ceny nože:

Náklady pro výrobu těla nože: 3207 Kč

Náklady na výrobu šroubu: 50 Kč

Náklady na výrobu ucpávky: 50 Kč

Náklady na lepidlo Loctite 243: 427 Kč

Destička: 200 Kč

---

Náklady celkem: 3934 Kč

Ze součtu výše uvedených nákladů vyplývá, že celková cena jednoho nože by se pohybovala okolo 3934 Kč.

## 7 TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ NÁVRHU

Vnitřní zapichovací nůž je navržený tak, aby umožňoval pokud možno co nejvíce obráběcích operací. Konkrétně: radiální zapichování, soustružení povrchu díry a soustružení tvarů v díře. Vzhledem ke svým rozměrům ho lze využít pro vnitřní zapichování děr menších obrobků nebo pro modelářské soustružení v díře. Tvar upínací části jsem zvolil tak aby byla možnost upnutí co nejuniverzálnější. Nůž je možné upnout do CNC nožového držáku, vyvrtávací hlavy nebo do nožového držáku univerzálního soustruhu.

Z hlediska kusové výroby nože je těleso nože nejlépe vyrobitelné na CNC stroji v kombinaci s konvenčními soustružnickými a vrtacími stroji. Nejobtížněji vyrobitelnou částí nože je lůžko pro zapichovací destičku. V mém návrhu jsem to vyřešil, vyřezáním tvaru lůžka na elektroerozivní drátové řezačce. Toto řešení se mi zdá z ekonomického i z technického hlediska výhodnější, než zhotovením pomocí miniaturních nástrojů. Náklad na vyrobení lůžka v mém postupu je 364,3Kč, při použití speciálních malých fréz, u kterých se pohybuje cena okolo 800Kč, by byla výroba lůžka nákladnější a s nejistou kvalitou tvaru a drsnosti povrchu lůžka. Při sériové výrobě by se dalo uvažovat o rozčlenění operací mezi více strojů, případně pomocí přípravků a jednoúčelových strojů, zlevnit náklady na výrobu nože a tím i snížit jeho výslednou cenu.

Celková vypočítaná cena nože by se pohybovala okolo 3934Kč. Tato cena je řádově o 1000Kč vyšší, než cena, které dosahují běžné vnitřní zapichovací nože do malých otvorů, s vnitřním chlazením a VBD. Můj návrh nože je tedy relativně dražší oproti konkurenci. Ovšem pokud beru v úvahu víceúčelovost nože a vyřešení vnitřního chlazení přímo do prostoru řezu, které by mělo zvýšit životnost nože, zdá se mi návrh z ekonomického hlediska jako zajímavý.

## 8 ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce byl návrh vnitřního zapichovacího nože. Celou práci jsem pojal tak, že ihned po úvodu je teoretická část. Zabývá se částmi soustružnického nože a jeho nástrojovými úhly.

Třetí část se zabývá konkrétněji vnitřními zapichovacími noži. V této části jsou uvedeny typy vnitřních zapichovacích nožů, materiály ze kterých se vyrábí, druhy upínání nožů, systém značení vnitřních nožů a způsoby umístění chladících kanálků pro vnitřní chlazení, vnitřních zapichovacích nožů.

Čtvrtá část se zabývá zapichovacími destičkami do vnitřních zapichovacích nožů. Je zde uvedena geometrie destičky a význam některých úhlů, dále potom materiály výměnných břitových zapichovacích destiček, způsoby jejich upínání a značením vnitřních zapichovacích VBD.

V páté kapitole je uveden postup mého vlastního návrhu vnitřního zapichovacího nože. Kapitola začíná ujasněním si požadovaných parametrů nože a destičky. Pokračuje výběrem destičky, návrhem tělesa nože a končí návrhovými výpočty některých prvků nože.

V šesté kapitole je zpracován postup výroby tělesa nože s následnou přibližnou cenovou kalkulací nákladů na výrobu nože.

Výsledný návrh nože by mohl najít uplatnění ve strojírenské výrobě, zejména díky své univerzálnosti a předpokládané vyšší životnosti naproti konkurenčním vnitřním zapichovacím nožům.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. HÁJÍČEK, Josef a Stanislav KOMÍŽ. *Technologie strojního obrábění III*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1986, 320 s. ISBN 80-03-00086-6.
2. ČSN ISO 6261. *Nástrojové držáky s válcovou stopkou (vyvrtávací tyče) pro vyměnitelné břitové destičky: Označení*. 3. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
3. SANDVIK COROMANT, s.r.o. Praha, ČR. *Soustružnické nástroje-upichování a zapichování*. [online]. [vid. 2014]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/downloads/pages/search.aspx?q=Catalogues&rootsite=%5ecscz%24>
4. ČSN 01 4960 (014960). *Zápichy*. 5. vyd. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1976.
5. LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky*. 2. uprav. a dopl.vyd. Praha: Scientia, 1999, 911 s. ISBN 80-718-3164-6.
6. ČSN 22 0473. *Nože. Rozměry prierezov upínacích částí*. 3. vyd. Praha: Český normalizační institut, 1991.
7. Fotogalerie. In: *NAREX MTE* [online]. 2014 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: [http://www.narexmte.cz/image\\_text/01AD\\_Vh/Vh\\_70\\_002.jpg](http://www.narexmte.cz/image_text/01AD_Vh/Vh_70_002.jpg)
8. PRAMET TOOLS, s.r.o. Šumperk, ČR. *Katalog soustružení 2014*. [online]. [vid. 2014]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/cz/produkty/soustruzeni/noze-pro-vseobecne-soustruzeni.html>
9. TaeguTec. Daegu, KOR. *Zapichování/Upichování*. [online]. [vid. 2014]. Dostupné z: <http://www.taegutec.cz/katalogy.php>
10. ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky*. Brno: CERM, s.r.o., 2003, 193 s. ISBN 80-214-2336-6.
11. ČSN ISO 1832. *Vyměnitelné břitové destičky pro řezné nástroje: Označení*. 4. vyd. Praha: ČVUT FSTROJ, 2004.
12. Tools machinery centre. In: *Zapichovací břitové destičky* [online]. 4.4.2014 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.tmcrr.cz/cs/zapichovaci-desticky/>
13. DAVIM, J. Paulo. *Surface Integrity in Machining*. 1. vyd. London: Springer, 2010, 215 s. ISBN 978-1-84882-873-5.
14. Lektion 3.5. Oberflächenrauheit. In: [online]. 2011 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007\\_15-Forgasolas\\_es\\_szerszamai\\_DE/lektion\\_35\\_oberflchenrauheit.scorml](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_15-Forgasolas_es_szerszamai_DE/lektion_35_oberflchenrauheit.scorml)
15. *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. 1. české vyd. Překlad Miroslav Kudela. Praha: Scientia, c1997, 1 sv. (různé stránkování). ISBN 91-972-2994-6.
16. ČSN ISO 513 (220801). *Klasifikace a použití tvrdých řezných materiálů k obrábění kovů určeným ostřím: Označování skupin a podskupin použití*. 1. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2006.
17. HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. 1. vyd. Praha: MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-2542250-2.
18. Nástroje pro vnitřní čelní zápichy. *Iscar.com* [online]. 2014 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.iscar.com/eCatalog/Family.aspx?fnum=2809&mapp=TG&app=188&GFSTYP=M>
19. *Soustružení II (6)* [online]. 2012 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.t-support.cz/t-support/?rubrika=1455>

20. ŘASA, Jaroslav. *Strojírenská technologie 4: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel. Zásady montáže*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2003, 505 s. ISBN 80-718-3284-7.
21. FOŘT, Petr a Jaroslav KLETEČKA. *Autodesk Inventor*. Brno: Computer Press, 2007, 296 s. ISBN 978-80-251-1773-6.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

<b>zkratka/symbol</b>	<b>Jednotka[-]</b>	<b>název</b>
$Al_2O_3$	[-]	oxid hlinitý
$A_\alpha$	[-]	plocha hřbetu
$A'_\alpha$	[-]	plocha vedlejšího hřbetu
$A_\gamma$	[-]	plocha čela
$a_p$	[mm]	šířka záběru ostří
arctang	[°]	goniometrická funkce
$C_{Fc}$	[-]	materiálová konstanta
CVD	[-]	metoda povlakování SK
Co	[-]	kobalt
D	[mm]	velký průměr záv. šroubu
$D_1$	[mm]	malý průměr záv. matice
d	[mm]	velký průměr záv. matice
$d_2$	[mm]	střední průměr záv. šr.
$d_3$	[mm]	malý průměr záv. šroubu
E	[MPa]	mod. pruž. v ohyb. oceli
$F_c$	[N]	řezná síla
$F_o$	[N]	max. síla v ose šroubu
$F_{o_{max}}$	[N]	max. možná síla v ose šr.
$F_u$	[N]	dotahovací síla
$F_{u_{max}}$	[N]	max. upínací síla šroubu
f	[mm]	posuv na otáčku
$f_{min}$	[mm]	min. posuv na otáčku
$f_{max}$	[mm]	max. posuv na otáčku
$f_t$	[-]	součinitel tření v závitě
$f_{tz}$	[-]	součinitel tření v závitě
$H_1$	[mm]	výška zubu závitě matice
HT	[-]	cermet
$h_{min}$	[mm]	min. hloubka záběru ostří
$h_{max}$	[mm]	max. hloub. záběru ostří

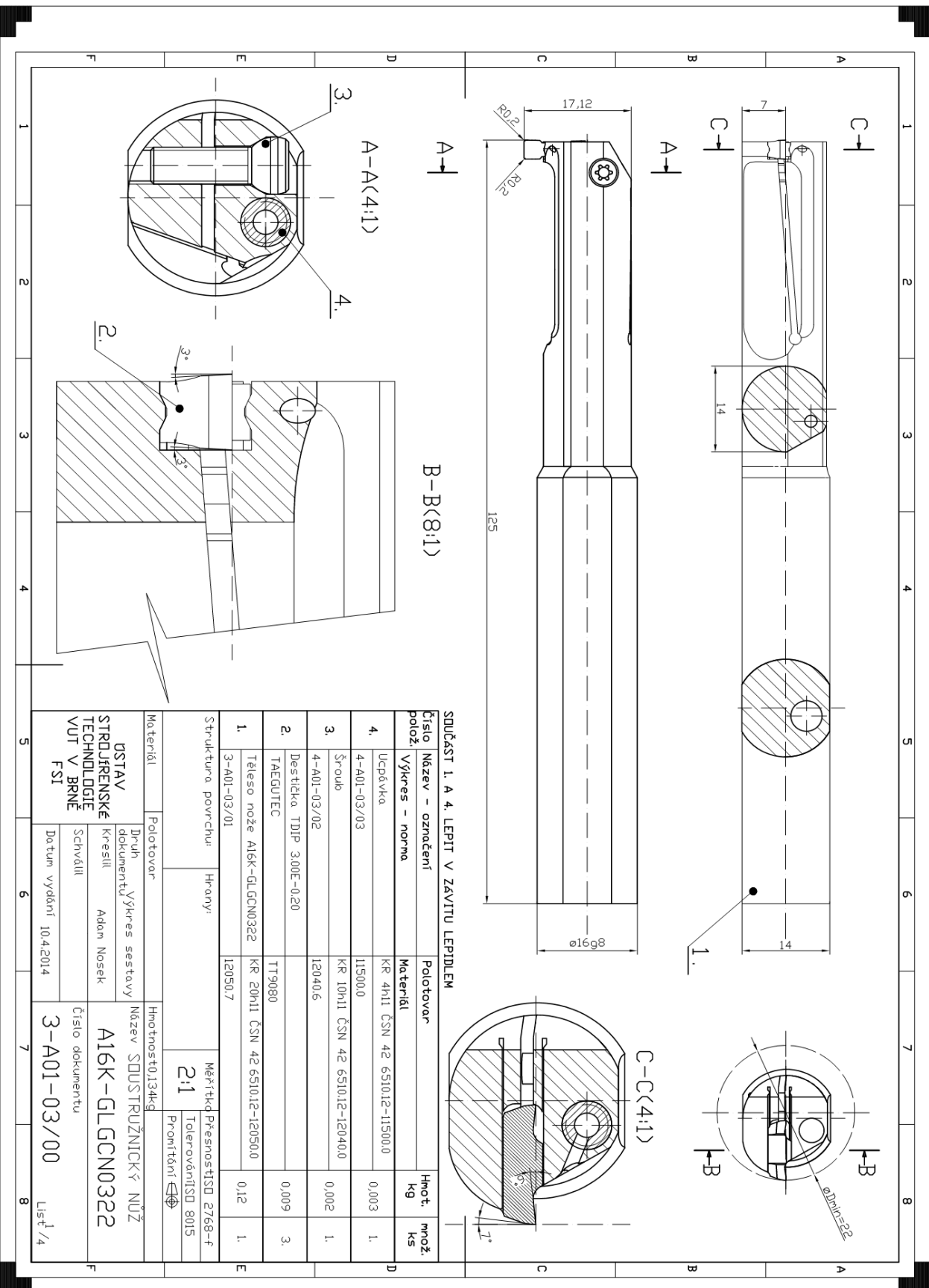
$J_x$	[mm <sup>4</sup> ]	kvadr. Moment průřezu
$k$	[-]	koeficient bezpečnosti
$L$	[mm]	délka nosníku
$L_2$	[mm]	delk. ramene dotah. Klíč.
$l$	[mm]	délka destičky
$l_a$	[mm]	délka ostří destičky
$l_b$	[mm]	šířka destičky
$l_{vmax}$	[mm]	max. délka vyložení
$M_o$	[Nmm]	ohybový moment
$M_u$	[Nmm]	utahovací moment šr.
$m$	[mm]	délka závitů matice
$n$	[ot/min]	otáčky obrobku
$P_b$	[-]	nast. rov. Spádu hřbetu
$P_f$	[-]	nastr. boční rovina
$P_g$	[-]	nástr. rovina spádu čela
$P_n$	[-]	nástr. normálná rovina
$P_o$	[-]	nástr. ortogonální rovina
$P_p$	[-]	nastr. zadní rovina
$P_r$	[-]	nastr. základní rovina
$P_s$	[-]	nastr. rovina ostří
$p$	[mm]	stoupání závitu
$p_d$	[MPa]	dovolený tlak v závitu
$R_a$	[μm]	drsnost povrchu
$R_e$	[MPa]	mez pružnosti materiálu
$R_{emin}$	[MPa]	min. mez pružnosti mat.
$R_m$	[MPa]	mez pevnosti materiálu
$R_{mmin}$	[MPa]	min. mez pevnosti mat.
$r_ε$	[mm]	poloměr rádiusu špičky
$r_v$	[mm]	výška kruhové úseče
$S_k$	[mm <sup>2</sup> ]	obsahu mal. pr. šroubu
$S$	[-]	hlavní ostří

$S'$	[-]	vedlejší ostří
SK	[-]	slinutý karbid
$t_{a_{11}}$	[min]	čas práce za klidu stroje
$t_{as}$	[min]	jednotkový strojní čas
$v$	[mm]	výška destičky
$W_o$	[mm <sup>4</sup> ]	modul průřezu v ohybu
$x_{max}$	[-]	maximální posuv síly F
$x_{Fc}$	[-]	exponent vlivu posuvu f
$y_{Fc}$	[-]	exponent vlivu hl. řezu
$z$	[-]	závity matice šroubu
$\phi$	[mm]	průměr
$\alpha'$	[°]	vedlejší úhel hřbetu
$\alpha''$	[°]	vedlejší úhel hřbetu
$\alpha_f$	[°]	úhel hřbet. v boční rov.
$\alpha_n$	[°]	úhel hřbetu
$\alpha_o$	[°]	úhel hřbetu v ortog. rov.
$\beta$	[°]	úhel břitu
$\beta_o$	[°]	úhel břitu v ortogon. rov.
$\gamma_o$	[°]	úhel čela v ortogon. rov.
$\kappa_r$	[°]	úhel nastavení hlav. ostří
$\lambda_s$	[°]	úhel sklonu ostří
$\delta_o$	[°]	úhel řezu v ortog. rovině
$\sigma_{dov}$	[MPa]	dovolené napětí v tahu
$\pi$	[-]	konstanta
$\varphi$	[°]	třecí úhel

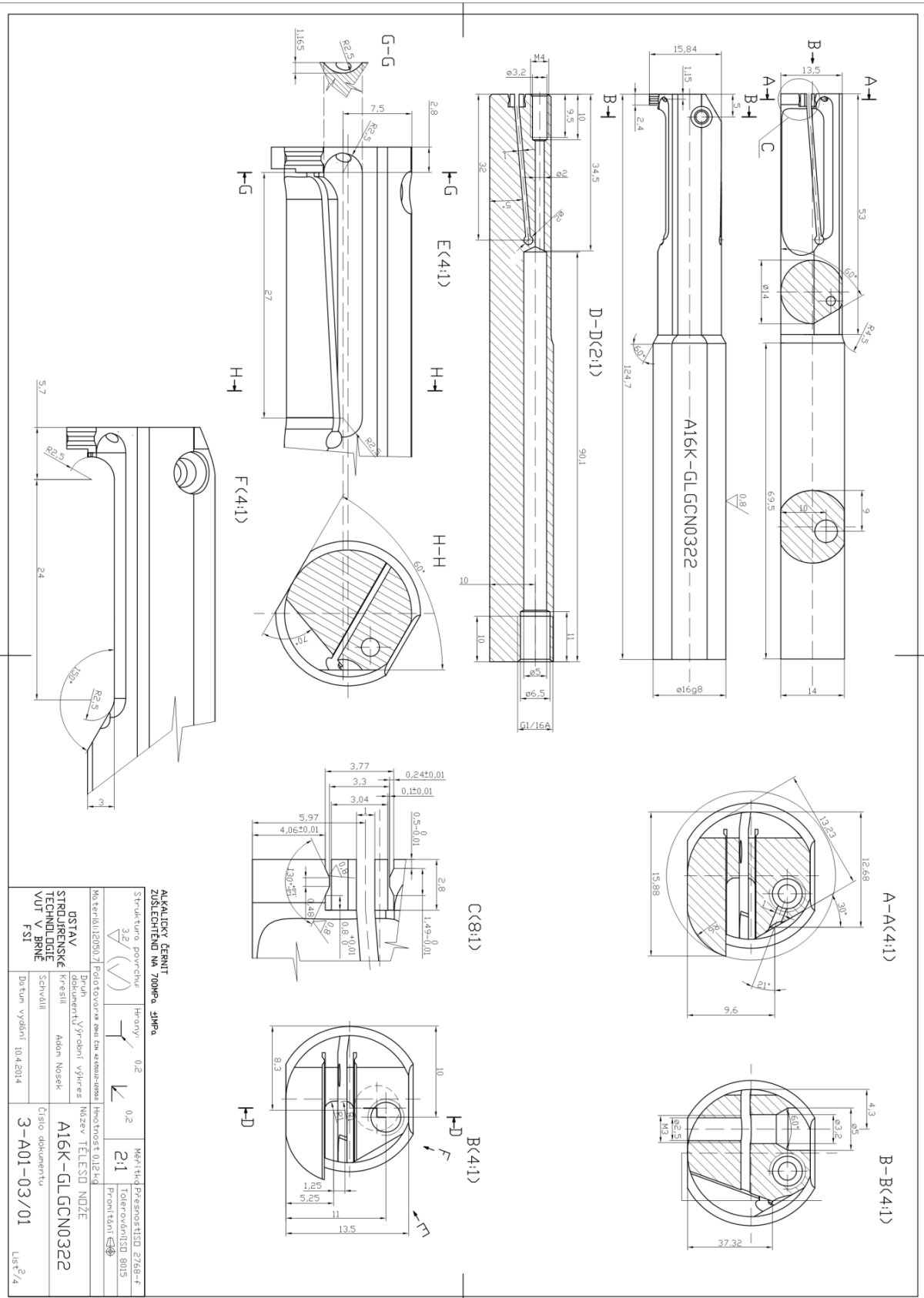
**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1	Výkres sestavy nože
Příloha 2	Výrobní výkres těla nože
Příloha 3	Výrobní výkres šroubu nože
Příloha 4	Výrobní výkres ucpávky nože
Příloha 5	Tabulka exponentů pro výpočet řezné síly při upichování a zapichování <sup>1</sup>

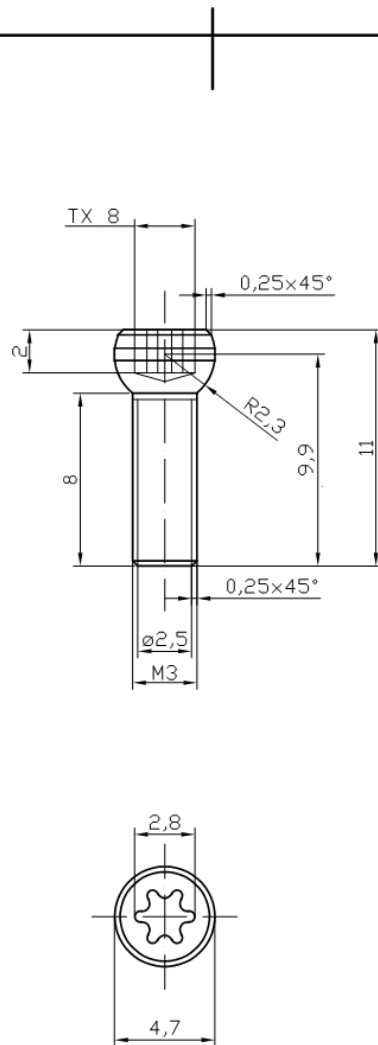
# PŘÍLOHA 1



# PŘÍLOHA 2



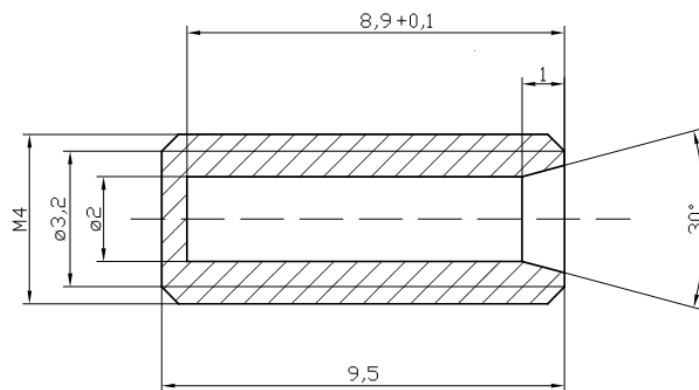
# PŘÍLOHA 3



ALKALICKY ČERNIT  
ZUŠLECHTĚNO NA 640MPa ±1MPa

Struktura povrchu: 3,2	Hrany: 0,2	0,2	Měřítko 4:1	Přesnost ISO 2768-f
				Tolerování ISO 8015
				Promítání
Materiál 12050.6	Polotovar IPR 10H11 ČSN 42 6510.12-12040.0	Hmotnost 0,002 kg		
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE VUT V BRNĚ FSI	Druh dokumentu Výrobní výkres	Název ŠROUB		
	Kreslil Adam Nosek			
	Schválil	Číslo dokumentu 4-A01-03/02		
	Datum vydání 10.4.2014	List 3/4		

# PŘÍLOHA 4



ALKALICKY ČERNIT

Struktura povrchu: $3,2$	Hrany: $0,2$	Měřítko <b>8:1</b>	Přesnost ISO 2768-f Tolerování ISO 8015 Promítání $\text{⊕}$
Materiál 11500.0	Polotovary KR 4H11 ČSN 42 6510.12-11500.0	Hmotnost $0,003$ kg	
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE VUT V BRNĚ FSI	Druh dokumentu Výrobní výkres	Název <b>UCPÁVKA</b>	
	Kreslil Adam Nosek	Číslo dokumentu <b>4-A01-03/03</b>	
	Schválil	List $4/4$	
Datum vydání 10.4.2014			

## PŘÍLOHA 5

Tab. 9. Konstanty a exponenty pro výpočet řezných sil při zapichování a upichování

Druh práce		Soustružení — zapichování, upichování					
Složné řezné síly $F$		$F_z$		$F_y$		$F_x$	
Hodnota exponentů $x_F; y_F$		$x_{Fz}$	$y_{Fz}$	$x_{Fy}$	$y_{Fy}$	$x_{Fx}$	$y_{Fx}$
		1	1	—	—	—	—
Materiál řezného nástroje		rychlořezná ocel			slinutý karbid		
Hodnota konstant $c_F$		$c_{Fz}$	$c_{Fy}$	$c_{Fx}$	$c_{Fz}$	$c_{Fy}$	$c_{Fx}$
Obráběný materiál	konstrukční ocel 750 MPa	2 640	—	—	2 640	—	—
	temperovaná litina, tvrdost HB 150	1 360	—	—	1 360	—	—
	šedá litina, tvrdost HB 190	1 350	—	—	1 340	—	—