

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Strojírenská technologie – technologie obrábění

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Technologie hlubokého vrtání a její aplikace na vzorovou součást

Autor: **Rostislav Kříklán**

Vedoucí práce: **Ing. Jan Hnátík, Ph.D.**

Akademický rok 2011/2012

## Poděkování

Při této příležitosti bych chtěl poděkovat Ing. Janu Hnátíkovi, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Petru Winterovi, zástupci firmy Winter servis, za cenné rady, připomínky, prezentace a materiály, p. M. Kořínkovi, zástupci firmy Iscar, p. P. Āoupalovi, zastupující firmu Walter-Titex, oběma za cenné rady a prezentace, které mi v průběhu práce poskytli. Dále bych chtěl poděkovat všem spolupracovníkům, kteří mi svými radami, podporou a pomocí umožnili dokončit tuto práci.

## Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni .....

.....  
Rostislav Kříklán

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Kříklán	<b>Jméno</b> Rostislav	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	„Strojírenská technologie – technologie obrábění“		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Hnátík, Ph.D.	<b>Jméno</b> Jan	
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Technologie hlubokého vrtání a její aplikace na vzorovou součást		

<b>FAKULTA</b>	Strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZD.</b>	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

**POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)**

<b>CELKEM</b>	59	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	59	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	1
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	V této bakalářské práci byly zpracovány možnosti hlubokého vrtání. Práce je zaměřena především na použití dělového vrtání na hlubokovrtacím stroji. Tato technologie je zároveň aplikována na řešené součásti - čepu brzdy. Z práce vyplývá důležitost použití správného stroje pro určitý nástroj tak, aby byly dosaženy potřebné parametry řezného procesu.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b> <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	hluboké vrtání, hlubokovrtací stroj, monolitní (celotvrdokovový) nástroj, vysokotlaké chlazení,

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Křiklán	Name Rostislav
<b>FIELD OF STUDY</b>	“Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting“	
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Hnátík, Ph.D.	Name Jan
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KTO	
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Delete when not applicable	
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Deep drilling technology and its application to the master part	

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machining Technology	<b>SUBMITTED IN</b>	2012
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	59	<b>TEXT PART</b>	59	<b>GRAPHICAL PART</b>	1
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>  <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	In this bachelor work, the possibilities of the deep drilling were solved. The work is focused mainly on the use of the cannon drilling on the deep-drilling machine. This technology is also applied to the solved components – the brake pin. The work shows the importance of proper use of a machine for a specific tool when trying to achieve parameters required for the cutting process.
<b>KEY WORDS</b>	deep drilling, deep-drilling machine, monolithic tool, high-pressure cooling

## Obsah

Obsah.....	5
Seznam obrázků .....	6
Seznam náčrtků .....	7
1 Úvod.....	8
2 Klasické obrábění.....	9
2.1 Klasického obrábění – teorie.....	9
2.1.1 Soustružení.....	9
2.1.2 Hoblování.....	10
2.1.3 Frézování.....	10
2.1.4 Vrtání.....	10
2.1.5 Další metody obrábění .....	11
2.1.6 Klasické nástroje .....	11
2.2 Obrábění čepu brzdy .....	12
2.2.1 Technologický postup výroby (informativně): .....	12
2.2.2 Popis jednotlivých operací v počáteční výrobě: .....	13
2.2.3 Popis jednotlivých operací v sériové výrobě: .....	17
2.2.4 Výrobní postup v sériové výrobě .....	19
3 Obrábění dělovým vrtáním.....	20
3.1 Pojem hlubokého vrtání .....	20
3.2 Příklady použití .....	20
3.3 Způsoby vrtání.....	20
3.3.1 Vrtání zplna .....	20
3.3.2 Vyvrtávání (zvětšování otvoru).....	20
3.3.3 Vrtání na jádro.....	21
3.4 Dělový vrták .....	21
3.5 Popis dělového vrtáku .....	22
3.5.1 Části a základní typy dělových vrtáků .....	22
3.6 Geometrie nástroje .....	24
3.6.1 Vodítka .....	24
3.6.2 Řezná geometrie .....	25
3.7 Řezné materiály.....	28
3.8 Použití dělových vrtáků.....	28
3.8.1 Použití z hlediska chlazení a mazání.....	28
3.8.2 Vedení vrtáku na začátku vrtání.....	29
3.8.3 Pracovní postup vrtání dělovým vrtákem.....	30
3.8.4 Řezné parametry.....	32
3.8.5 Kvalita vývrty.....	32
4 Jiné možnosti vrtání .....	33
4.1 Metoda BTA.....	33
4.2 Ejektorový systém .....	34
4.3 Rozsah průměrů pro jednotlivé typy vrtání.....	35
4.4 Vrták DR-Twist.....	35
4.5 Vrták Chamdrilljet.....	38
4.6 Vrtací výstružníky .....	39
4.7 Vhodný vrták pro výrobu naší součásti.....	39
4.8 Vrtání hlubokých otvorů celokarbidovými vrtáky .....	40
4.8.1 Hluboké vrtání technologií XD [7] .....	40
4.8.2 Tlak kapaliny pro technologie XD [7] .....	40

4.8.3	Konstrukce nástroje [7] .....	41
4.8.4	Vrtací strategie [7].....	41
5	Konstrukce upínacího přípravku pro zvolenou součást .....	42
6	Výběr vhodné varianty .....	43
6.1	Rozhodovací faktory .....	43
6.2	Konečná varianta vrtání otvoru D20,5+0,3 .....	44
7	Programy pro NC stroje .....	44
7.1	Program pro op.10: stroj Huyndai HIT8 .....	44
7.2	Nastavení řezných parametrů pro hlubokovrtací stroj op.20: .....	46
7.3	Program pro op.30: stroj MCV1000 .....	46
7.4	Program pro op.40: stroj Huyndai HIT8 .....	55
8	Závěr.....	58
9	Knížní publikace .....	59
10	Internetové zdroje.....	59
11	Jiné zdroje .....	59

## Seznam obrázků

Obr. 1-1	Čep brzdy.....	8
Obr. 2-1	Soustružení .....	9
Obr. 2-2	Klasický soustruh.....	9
Obr. 2-3	Hoblování .....	10
Obr. 2-4	Klasická frézka .....	10
Obr. 2-5	Klasická radiální vrtačka .....	11
Obr. 2-6	Soustružnické nože .....	11
Obr. 2-7	Některé typy fréz .....	12
Obr. 2-8	Šroubový vrták.....	12
Obr. 2-9	Kopinatý vrták .....	12
Obr. 3-1	Vrtání zplna dělovým vrtákem [6].....	20
Obr. 3-2	Vyvrtávání dělovým vrtákem [6].....	21
Obr. 3-3	Vyvrtávání BTA (převrtávání) [6].....	21
Obr. 3-4	Vrtání na jádro dělovým vrtákem [6] .....	21
Obr. 3-5	Vrtání na jádro BTA [6] .....	21
Obr. 3-6	Upichování jádra [8] .....	21
Obr. 3-7	Princip vrtání dělovým vrtákem [6].....	22
Obr. 3-8	Dělový vrták pájený [8].....	22
Obr. 3-9	Dělový vrták celokarbidový [8].....	23
Obr. 3-10	Dělový vrták s vyměnitelnými destičkami a vodítky typ 01 [8] .....	23
Obr. 3-11	Dělový vrták s vyměnitelnými destičkami a vodítky typ 01 .....	24
Obr. 3-12	Vodící plochy na dělovém vrtáku [8] .....	24
Obr. 3-13	Různé druhy vodítek dělového vrtáku [8] .....	25
Obr. 3-14	Rozložení řezných sil [6].....	25
Obr. 3-15	Přípravky pro broušení dělových vrtáků.....	26
Obr. 3-16	Podélný utvářec třísky [8].....	27
Obr. 3-17	Podélný utvařec třísky [8].....	27
Obr. 3-18	Příčný utvařec třísky [8] .....	27
Obr. 3-19	Tlumicí fazetka .....	27
Obr. 3-20	Ostření pro rovné dno .....	27
Obr. 3-21	Zvětšení prostoru pro výplach .....	27
Obr. 3-22	Standardní geometrie ostření dělových vrtáků Botek [8].....	27
Obr. 3-23	Vrtání s pilotním otvorem.....	29

Obr. 3-24 Vrtání s vrtacím pouzdem .....	29
Obr. 3-25 Rozměry pilotního otvoru [8] .....	30
Obr. 3-26 Problém volného pilotního otvoru [8] .....	30
Obr. 3-27 Maximální volné délky nástroje bez podpěry.....	32
Obr. 3-28 Řezné podmínky pro děl. vrták Botek typ 01 [9] .....	32
Obr. 3-29 Tolerance průměru a drsnosti povrchu [8].....	33
Obr. 4-1 Princip vrtání BTA [6].....	34
Obr. 4-2 Princip vrtání ejektorovým způsobem [6] .....	34
Obr. 4-3 Rozsahy průměrů pro jednotlivé typy [8] .....	35
Obr. 4-4 Vrtáky DR – Twist [10].....	35
Obr. 4-5 Možnosti vrtání s vrtáky DR [10].....	36
Obr. 4-6 Vrták se stavitelným rozsahem průměrů [10].....	37
Obr. 4-7 Vrták DR-DH [10].....	37
Obr. 4-8 Vrtáky ChamdrillJet [10].....	38
Obr. 4-9 Vrták SumoCham [10].....	38
Obr. 4-10 Vrtací výstružník [10].....	39
Obr. 4-11 Vrtací výstružník [10].....	39
Obr. 4-12 Monolitní vrtáky XD [11].....	40
Obr. 4-13 Tvrdé a měkké zavrtání [7].....	41
Obr. 4-14 Povlak na vrtáku XD [11].....	41
Obr. 5-1 Schéma upínacího přípravku .....	42
Obr. 5-2 Přípravek-řez.....	42

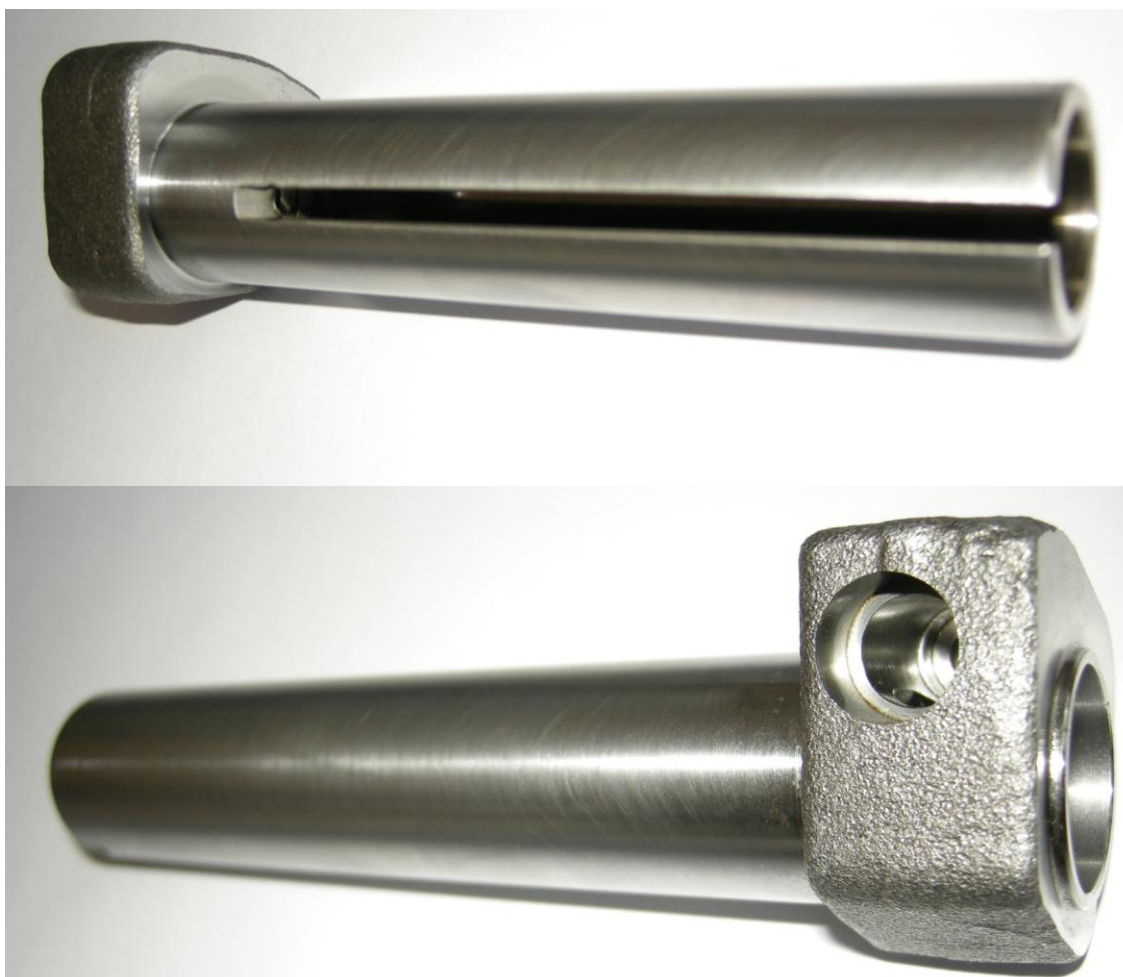
## Seznam náčrtků

Náčrtek 2-1	op. 10 - soustružení D27,7 .....	13
Náčrtek 2-2	op. 20 - vrtání D20,5+0,3 .....	13
Náčrtek 2-3	op. 30 - vrtat příčný otvor.....	14
Náčrtek 2-4	op. 40 - soustružit 2. stranu .....	15
Náčrtek 2-5	op. 50 - vrtání D5 a D2,39.....	15
Náčrtek 2-6	op. 60 - odhrotovat .....	16
Náčrtek 2-7	op. 70 - frézovat drážku.....	16
Náčrtek 2-8	op. 80 - odhrotovat .....	16
Náčrtek 2-9	op. 90 - kalibrovat .....	17
Náčrtek 2-10	op. 100 - značit .....	17

## 1 Úvod

Vrtání otvorů patří mezi základní způsoby obrábění. Zvláště zajímavé je hluboké vrtání. Jedním ze způsobů je dělové nebo hlavňové vrtání. Tento druh vrtání je hodně starý, ale při správném použití velice efektivní. Dokáže tímto způsobem odebrat velké množství materiálu za poměrně krátký čas a to především v hlubokých otvorech, které nemůžeme mnohdy vyvrtat jiným způsobem, nebo jiný způsob by byl náročnější na čas a ve výsledku i nástroj by mohl zvyšovat náklady na výrobu. Běžné nástroje v hlubokých otvorech ztrácí životnost a nedokáží zachovat řezné podmínky, protože nemají dostatečný přívod chlazení a tím pádem ani odvod tepla, které patří k nejdůležitějším zásadám při obrábění. Dále je také důležitý odvod třísek z místa řezu, což zajišťuje chladicí médium.

Řešení co nejeefektivnějšího vrtání je ukázáno na součástce „čep brzdy“ (Obr. 1-1), která slouží k nastavení brzdového a plynového pedálu u některých převážně užitkových automobilů značky Ford. Jelikož automobily se vyrábějí ve velkých sériích a je velký tlak na kvalitu vyráběných dílů při dosažení přijatelné ceny, je nutné zvolit správnou technologii obrábění všech dílů. Naše součástka se začala vyrábět v roce 2000 v počtu cca 80 tis. kusů měsíčně. Polotovár je ocelový výkovek materiál 11523. Obrobení tohoto poměrně jednoduchého dílu bylo složitější, než by se na první pohled zdálo. Nejvíce materiálu se odebírá v otvoru o průměru  $20,5+0,3$  a hloubce  $117,8+2$ . Tato operace měla největší vliv na celkový čas a tím pádem i na cenu výrobku a to především na začátku výroby.



Obr. 1-1 Čep brzdy



## 2 Klasické obrábění

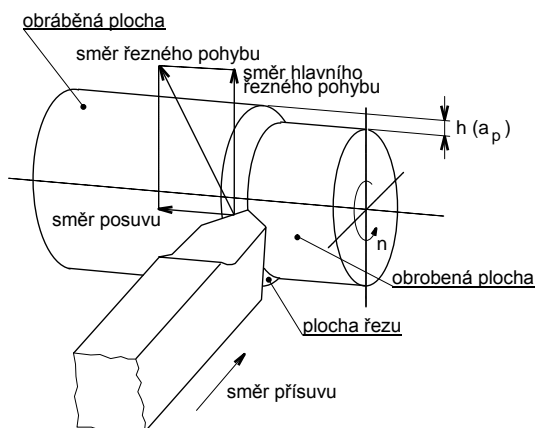
### 2.1 Klasického obrábění – teorie

Klasické obrábění můžeme nazvat jako třískové obrábění součástí. Je to odstranění přebytečného materiálu neboli přídavku z obráběné součásti tak abychom docílili potřebný tvar součásti, a to i s předepsaným opracováním které, je důležité ke správné funkčnosti vyrobeného dílu. Toto můžeme provádět více způsoby.

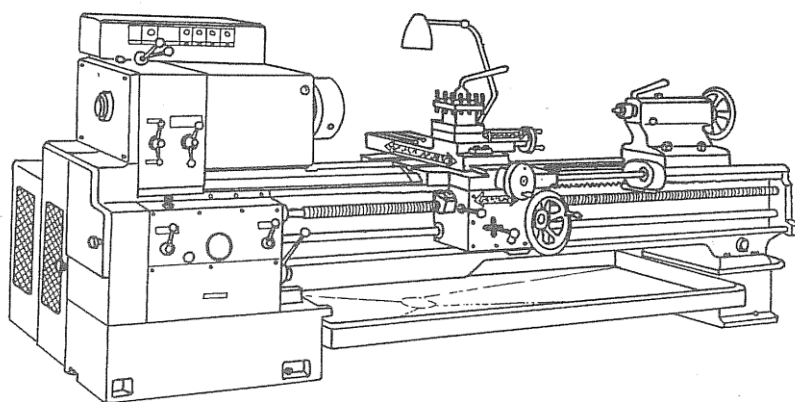
- Soustružení
- Hoblování
- Frézování
- Vrtání
- Další metody obrábění

#### 2.1.1 Soustružení

Při soustružení jde o obrábění rotačních součástí (Obr. 2-1) na soustruzích. Klasický soustruh je ukázán na Obr. 2-2. Tento způsob obrábění patří k nejčastěji používaným. Hlavní pohyb, který je v tomto případě rotační, vykonává obrobek, nástroj vykonává posuv a přísuv.



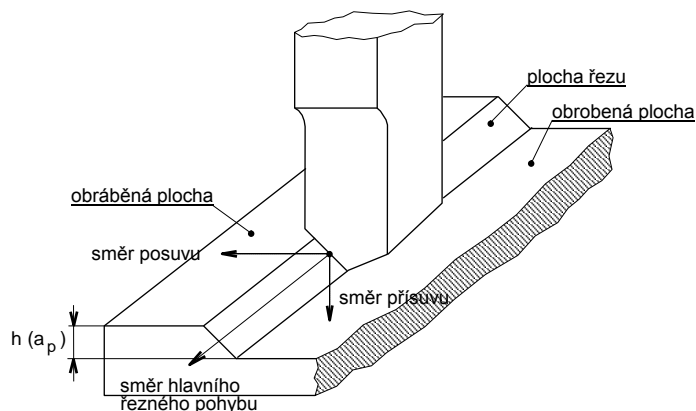
Obr. 2-1 Soustružení



Obr. 2-2 Klasický soustruh

### 2.1.2 Hoblování

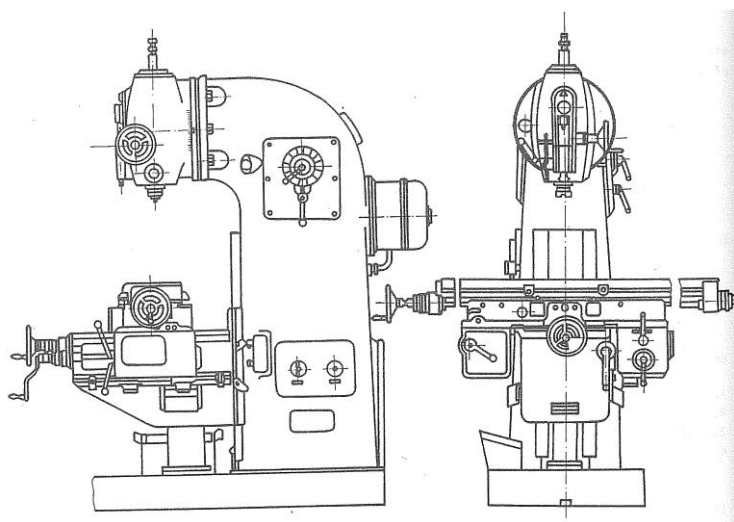
Tento způsob obrábění je podobný soustružení, avšak součást nerotuje, ale vykonává vůči nástroji lineární pohyb. Nástroj pro obrábění je velice podobný. Hoblování je zobrazeno na Obr. 2-3.



Obr. 2-3 Hoblování

### 2.1.3 Frézování

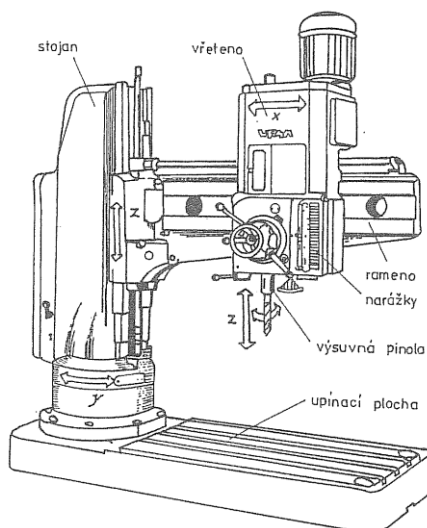
Frézování je po soustružení další nejrozšířenější způsob obrábění a to především pro opracování rovinných, ale i tvarových ploch, drážek, dnes již také k výrobě závitů, ozubení a podobně. Klasická frézka je na Obr. 2-4.



Obr. 2-4 Klasická frézka

### 2.1.4 Vrtání

Tato metoda se používá k výrobě děr válcovitého tvaru menších průměrů, též se tímto způsobem dokončují otvory, které mají přesné průměry, nebo mají mít určité opracování a pro otvory, které mají různé zhloubení. Ukázka vrtačky je na Obr. 2-5.



Obr. 2-5 Klasická radiální vrtačka

## 2.1.5 Další metody obrábění

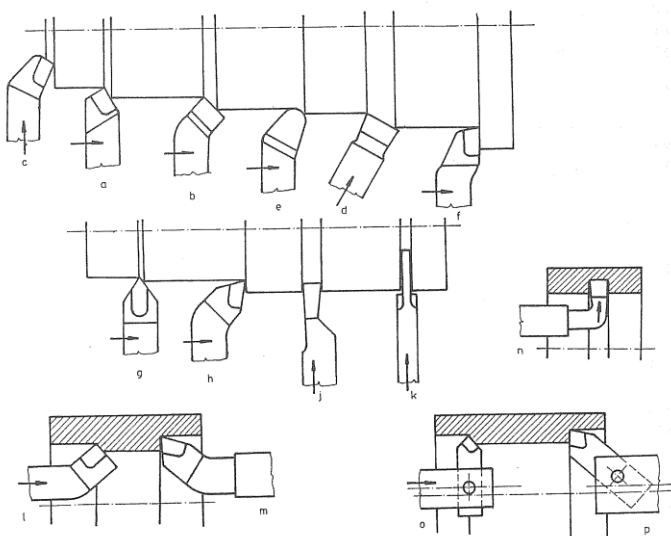
Mezi další metody obrábění můžeme zařadit obrážení, protahování, broušení, řezání (dělení materiálu), ale také třeba honování.

## 2.1.6 Klasické nástroje

- Soustružnické nože
- Frézy
- Vrtáky

### 2.1.6.1 Soustružnické nože

Jednobřité nástroje s definovanou geometrií břitu. Druh a tvar nože se volí podle operace. Radiální soustružnické nože pro různé soustružnické operace (Obr. 2-6).



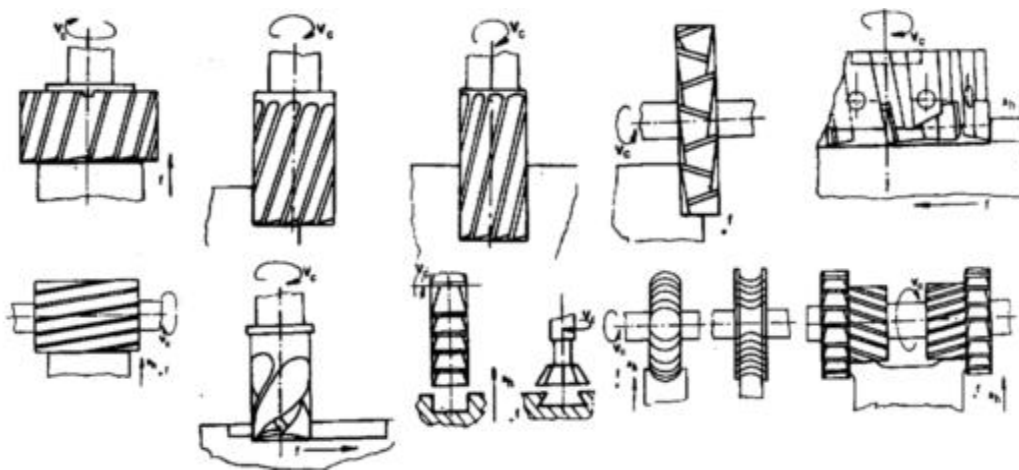
Obr. 2-6 Soustružnické nože

### 2.1.6.2 Frézy

Jsou to vícebřité nástroje. Pomocí těchto nástrojů můžeme frézovat obvodem (válcově) nebo čelem nástroje popřípadě kombinací obou způsobů. Některé typy fréz viz Obr. 2-7.

Tvary fréz:

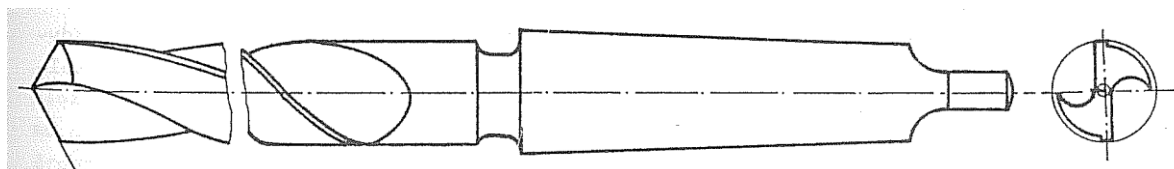
- stopkové - válcové, čelně válcové, drážkové, kopírovací, tvarové, závitovací a další
- nástrčné – válcové, kotoučové, úhlové, tvarové, skládané



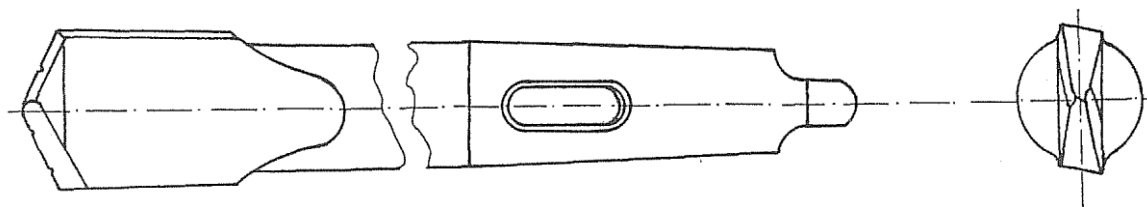
Obr. 2-7 Některé typy fréz

### 2.1.6.3 Vrtáky

Základním typem klasického vrtáku je šroubový vrták viz Obr. 2-8. Tento typ vrtáku se vyrábí z různých materiálů a s různými geometriemi podle jeho použití. Další typ je kopinatý vrták viz Obr. 2-9. Tento typ je nestarším typem vrtáku. Jeho výroba je velice levná.



Obr. 2-8 Šroubový vrták



Obr. 2-9 Kopinatý vrták

## 2.2 Obrábění čepu brzdy

Součástka se začala vyrábět na starých strojích. Proto jsme také začali většinou obrábět tzv. klasickými nástroji.

### 2.2.1 Technologický postup výroby (informativně):

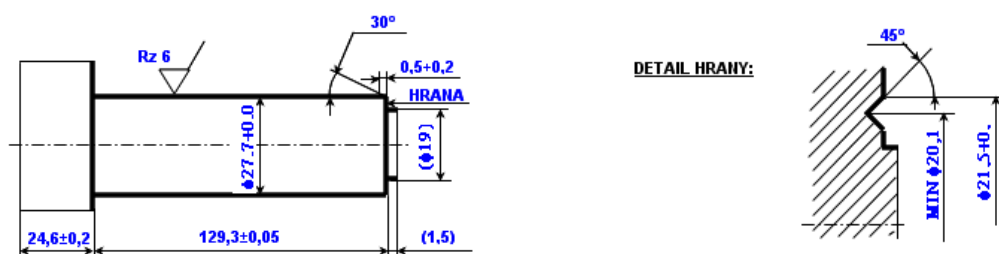
op.10: soustružit  $D27,7+0,03/L=129,3+-0,05$ ;  $D19$ ;

op.20: vyvrtat  $D20,5+0,3$

- op.30: zhotovit příčný otvor  $D14+0,05/D10,92+0,25/D6,25+0,1$
- op.40: soustružit  $D22,6+0,05$ ;  $D19,75+0,1$ ;  $D12,76+0,08$ ;  $D7,8+0,25$
- op.50: vyvrtat  $D5+0,5$ ;  $D2,39+0,11$  skrz obě stěny; zahloubit na  $D3,9+0,25$
- op.60: odhrotovat  $D2,39$  zevnitř 2x a  $D6,25$  vně
- op.70: frézovat drážku  $\text{š} = 4,343+0,1/L = 103,69$
- op.80: odhrotovat tvar hlavy; drážku včetně  $D5$ ; průnik příčného otvoru
- op.90: dílce kalibrovat po deformaci
- op.100: dílce značit mikroúderem

## 2.2.2 Popis jednotlivých operací v počátcích výroby:

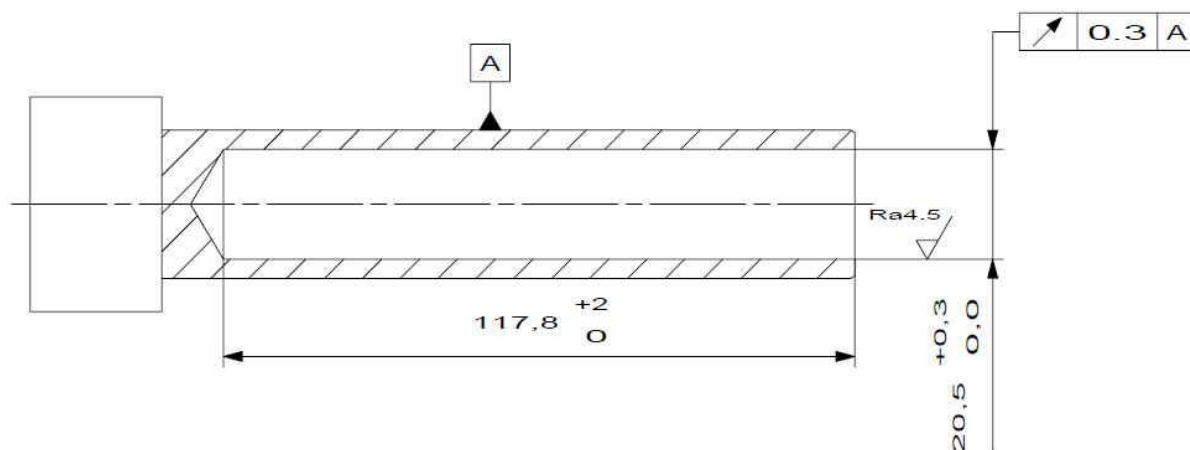
### 2.2.2.1 op.10: soustružit $D27,7+0,03/L=129,3+0,05$ ; $D19$ ;



Náčrtek 2-1 op. 10 - soustružení  $D27,7$

Soustružili jsme na soustruhu SPT16 (Kovosvit Mas, Sezimovo Ústí). Stroj byl vyrobený v 80. letech. Soustružit  $D27,7+0,03$  bylo na hranici možnosti tohoto stroje a bylo to časově poměrně náročné.

### 2.2.2.2 Klíčová operace 20: $D20,5+0,3/117,8+2$



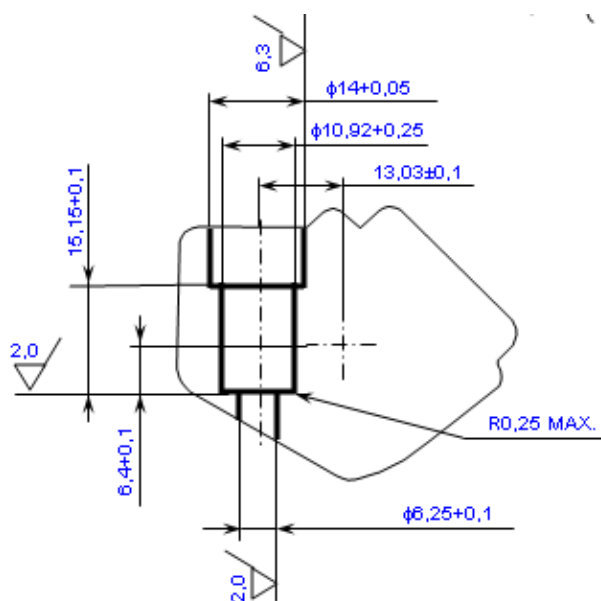
Náčrtek 2-2 op. 20 - vrtání  $D20,5+0,3$

Vrtání  $D20,5$  byla v počátku vrtána na SPT32 klasickým šroubovitým vrtákem. Toto vrtání bylo velice problematické, protože při tomto hlubokém otvoru byly špatně odváděny třísky z místa řezu a z důvodu špatného přívodu chladicí kapaliny se vrták přehříval. Jeho životnost byla velice krátká. Vrták byl také velice brzy opotřebovaný nejen na hlavním ostří, ale i na vedlejším ostří (odřený na průměru). Kvalita opracování byla ještě horší, povrch byl hodně potrháný a otvor se musel dokončovat dalšími nástroji. V tomto případě to byl výhrubník a výstružník. Před výstružníkem byl dokonce stop (M00) programu, kdy obsluha musela vyfoukat třísky z otvoru, které zůstaly po výhrubníku. Problém byl i u výstružníku,

který se mnohdy vyštípl, protože v hloubce již nebyl dostatečně chlazen a také u dna otvoru nebylo dostatek místa pro třísky. Velikou nevýhodou byl také dlouhý strojní čas této operace. Vrtat se muselo pomocí výplachů (G83), nutných k přerušení špony a přívodu chladicí kapaliny k břitu nástroje. Také již zmíněné dokončovací nástroje prodlužovaly čas. Čas potřebný pro tuto operaci byl asi 8 minut. Bylo jasné, že tudy cesta nevede. Jako další variantu vrtání byl zvolen vrták se slinutého karbidu. Tento nástroj však vyžadoval vnitřní chlazení s větším tlakem, než SPT má k dispozici. Tento typ stroje nemá vysokotlaké vnitřní chlazení. Má chlazení vnitřkem nástroje, avšak o stejném tlaku jako venkovní chlazení. Funguje to tak, že chlazení se vede buď kolem držáku, nebo se vede vnitřkem držáku. Čerpadlo dává cca 2 bary, což je pro vrták s vnitřním chlazením velice málo. Výrobci nástrojů udávají potřebu podle průměru nástroje 25-50 barů. Provedly se úpravy na stroji. Vyměnilo se čerpadlo za výkonnější, aby se mohlo přiblížit potřebnému tlaku a průtoku chladicí kapaliny pro zvolený nástroj. Nicméně byl docílen tlak cca 6 barů. Bylo to znát na špatném fungování nástroje. Stále bylo nutné přerušovat šponu a dokončovat dalšími nástroji. Povrch byl po vrtáku stále nedostatečné kvality. Čas byl o něco kratší, ale vzhledem k ceně nástroje se tento způsob obrábění také neosvědčil a ve výsledku to byla horší varianta než vrtání klasickým nástrojem, také proto, že často docházelo k destrukci tohoto nástroje.

Další varianta vrtání byla již podobná hlubokému vrtání. Zvolen byl vrták určený pro hluboké vrtání pro speciální hlubokovrtací stroje. Do stroje SPT32 byla nalita olejová náplň vhodná pro chlazení tohoto nástroje. Tento způsob vrtání byl o něco výkonnější, ale občas docházelo k destrukci nástroje. Třísky z místa řezu nebyly dobře odváděny, což byl důvod destrukce nástroje. Zde jsme pochopili, že polovičaté řešení je špatné. Nástroje mohou fungovat za určitých podmínek, ale když je nejsme schopni připravit, tak je jejich fungování nejisté a někdy nemožné. Muselo se tedy hledat další řešení. Jestliže chceme vrtat nástroji určenými pro hluboké vrtání, tak proč nezvolit hlubokovrtací stroj.

### 2.2.2.3 op.30: zhotovit příčný otvor D14+0,05/D10,92+0,25/D6,25+0,1

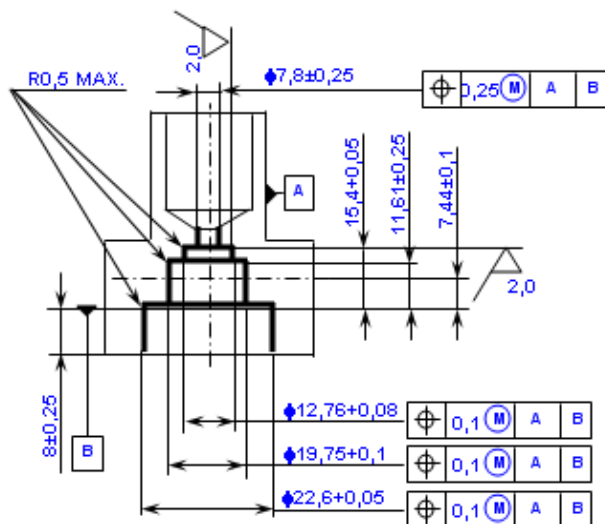


Náčrtek 2-3 op. 30 - vrtat příčný otvor

Tuto operaci jsme začali obrábět na obráběcím centru CPW250. Tento stroj byl vyroben v NDR měšť Karl-Mark-Stadt (dnes Chemnitz). Pro tuto operaci byli připraveny dvě varianty týkající se různých nástrojů. První způsob obrábění byl zvolen tak zvaně klasicky. Navrtat – vrtat (HSS) – zahloubit. Tento způsob obrábění byl na těchto typech strojů běžně používán a bez problémů fungoval. Jestliže je potřeba obrábět efektivně tak je potřeba použít modernější nástroje. Druhá varianta tedy byla s použitím CTK nástrojů (nástroje se slinutých

karbidů). Problém byl zase s chlazením, protože ke správnému použití je třeba mít vysokotlaké chlazení. Toto bylo řešeno přerušením špony pomocí výplachů. Větší problém však byl s výkonem motoru na vřetenu stroje. Vrták o průměru 11,1, který byl jako první v pořadí, neměl tím pádem konstantní řeznou rychlost, někdy se dokonce zastavil. Bylo tedy jasno, že je nutné obrábět na modernějším stroji.

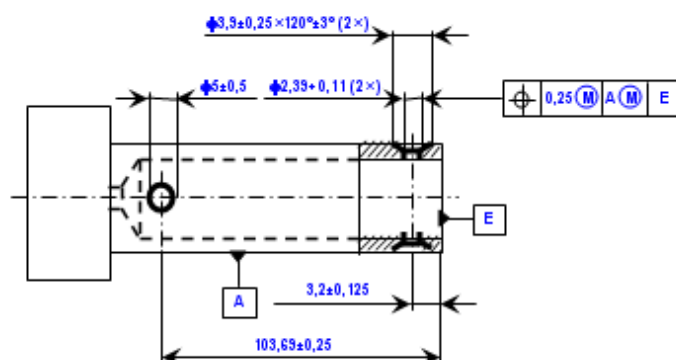
### 2.2.2.4 op.40: soustružit D22,6+0,05; D19,75+0,1; D12,76+0,08; D7,8+0,25



Náčrtek 2-4 op. 40 - soustružit 2. stranu

Soustruženo bylo na SPT16 (Kovosvit Mas, Sezimovo Ústí) stroj vyrobený v 80.letech. Zhotovit tuto operaci na tomto stroji bylo bez problému, ale bylo jasné, že na modernějším stroji tato operace bude časově méně náročná.

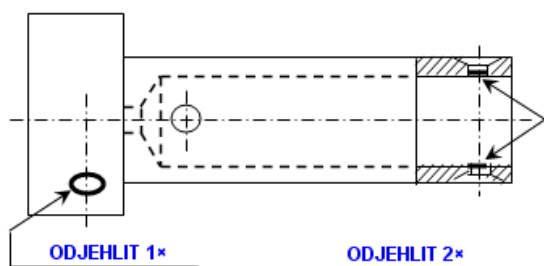
### 2.2.2.5 op.50: vyvrtat D5+-0,5; D2,39+0,11 skrz obě stěny; zahloubit na D3,9+-0,25



Náčrtek 2-5 op. 50 - vrtání D5 a D2,39

Pro tuto operaci byl zvolen jednoduchý jednoúčelový obráběcí stroj, který pracoval bez problémů.

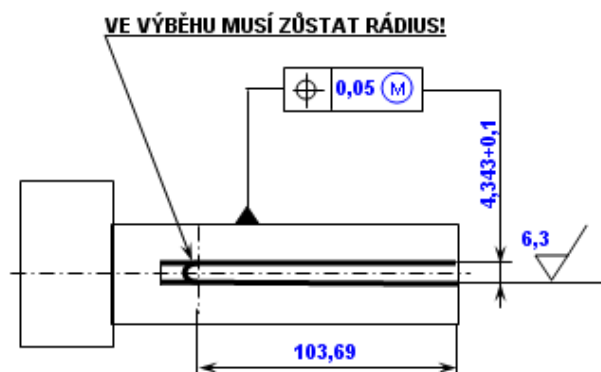
### 2.2.2.6 op. 60: odhrotovat D2,39 zevnitř 2x a D6,25 vně



Náčrtek 2-6 op. 60 - odhrotovat

Tato operace proběhla bez větších problémů, bylo nutné připravit a přizpůsobit pracoviště a zvolit správné ruční náradí.

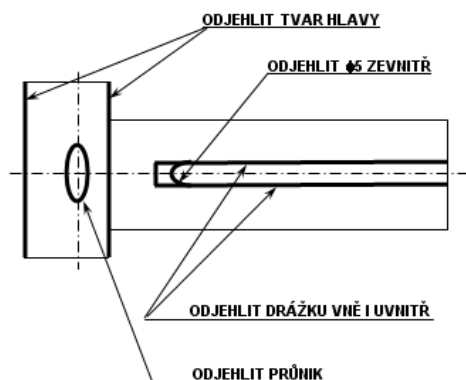
### 2.2.2.7 op.70: frézovat drážku $\text{š} = 4,343 \pm 0,1 / L = 103,69$



Náčrtek 2-7 op. 70 - frézovat drážku

Tato operace se prováděla na horizontální frézce klasickými kotoučovými nástroji z HSS. Pro větší efektivitu bylo jasné, že při výrobě větších sérií bylo nutné najít efektivnější způsob. Jako jedno z možných vylepšení se jevílo použití vícenásobného přípravku. Další možností bylo zvolit modernější nástroj, nebo spojit obě možnosti.

### 2.2.2.8 op.80: odhrotovat tvar hlavy; drážku včetně D5; průnik příčného otvoru

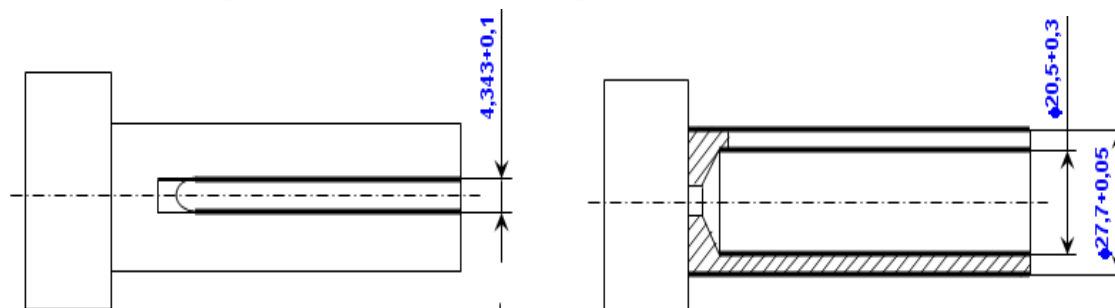


Náčrtek 2-8 op. 80 - odhrotovat



Tato operace byla bez větších problémů, bylo nutné připravit a přizpůsobit pracoviště a zvolit správné ruční nářadí.

### 2.2.2.9 op.90: dílce kalibrovat po deformaci

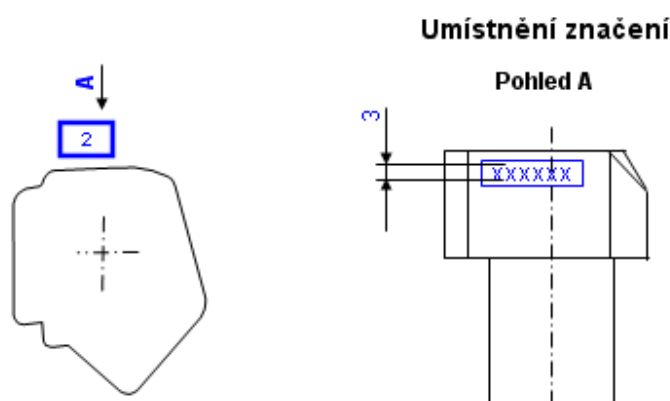


Náčrtek 2-9

op. 90 - kalibrovat

U této operace šlo především zapracovat pracovníky, aby se naučili napravit deformaci, která se dělá po zhotovení drážky.

### 2.2.2.10 op.100: dílce značit mikroúderem



Náčrtek 2-10

op. 100 - značit

Pro tuto operaci bylo nutné jenom připravit příslušné pracoviště na správném místě. Hlavně aby obráběné díly nebylo nutné převážet zbytečně daleko. Tak zvaný „plynulý tok materiálu“.

## 2.2.3 Popis jednotlivých operací v sériové výrobě:

### 2.2.3.1 op.10: soustružit $D27,7+0,03/L=129,3+-0,05$ ; $D19$ ;

Pro tuto operaci byl zakoupen soustruh HIT8. Na něm bylo dosaženo potřebné kvality za přijatelný čas. Podrobnější podmínky obrábění uvádím v příloze operačních návodek.

### 2.2.3.2 Klíčová operace 20: $D20,5+0,3/117,8+2$

Tato operace byla prováděna na speciálním hlubokovrtacím stroji. Podrobněji popsáno v kapitole 6 „Výběr vhodné varianty“.

### **2.2.3.3 op.30: zhotovit příčný otvor D14+0,05/D10,92+0,25/D6,25+0,1**

Pro tuto operaci byl zakoupen stroj MCV100. Na tomto soustruhu bylo dosaženo potřebné kvality za přijatelný čas. Bylo využito možnosti moderního stroje, hlavně vnitřního chlazení a potřebného výkonu na vřetenu. Podrobnější podmínky obrábění uvádím v příloze operačních návodek.

### **2.2.3.4 op.40: soustružit D22,6+0,05; D19,75+0,1; D12,76+0,08; D7,8+-0,25**

Pro tuto operaci byl zakoupen soustruh HIT8. Na tomto soustruhu bylo dosaženo potřebné kvality za přijatelný čas. Podrobnější podmínky obrábění uvádím v příloze operačních návodek.

### **2.2.3.5 op.50: vyvrtat D5+-0,5; D2,39+0,11 skrz obě stěny; zahloubit na D3,9+-0,25**

Pro tuto operaci byl zvolen jednoduchý jednoúčelový obráběcí stroj, který pracoval bez problémů.

### **2.2.3.6 op. 60: odhrotovat D2,39 zevnitř 2x a D6,25 vně**

Pro tuto operaci bylo připraveno odpovídající pracoviště. Důležitým krokem bylo zvolit správné ruční nářadí, což bylo složitější, než se zpočátku zdálo. Pro kvalitní odhrotování za rozumný čas bylo nutné i některé nástroje zhotovit.

### **2.2.3.7 op.70: frézovat drážku š = 4,343+0,1/L = 103,69**

Pro tuto operaci byl zvolen čtyřnásobný upínač a kotoučová fréza s vyměnitelnými destičkami. Podrobnější podmínky obrábění uvádím v příloze operačních návodek.

### **2.2.3.8 op.60 a op.80: odhrotovat tvar hlavy; drážku včetně D5; průnik příčného otvoru**

Pro tuto operaci bylo připraveno odpovídající pracoviště. Důležitým krokem bylo zvolit správné ruční nářadí, což bylo složitější, než se zpočátku zdálo. Pro kvalitní odhrotování za rozumný čas bylo nutné i některé nástroje zhotovit.


### **2.2.3.9 op.90: dílce kalibrovat po deformaci**

U této operace šlo především zapracovat pracovníky, aby se naučili napravit deformaci, která se dělá po zhotovení drážky.

### **2.2.3.10 op.100: dílce značit mikroúderem**

Pro tuto operaci byl použit značící strojek „EC-SIC Marking“, byl umístěn mezi pracovišti, aby byl zachován plynulý tok materiálu.

## 2.2.4 Výrobní postup v sériové výrobě

		<b>VÝROBNÍ POSTUP</b>		Číslo výkresu : <b>916633</b>		
				Hmotnost:		
Název součásti: <b>Čep brzdy</b>		Materiál:	11523	čistá :	hrubá :	
		Polotovár:	výkovek			
Čís. op.	Číslo pracoviště	Typ stroje	Popis operace	Spec.nástroje, měřidla, přípravky	tk	tp z
10	44416.0355	SOU Hyundai HIT8	Zhotovit dle p.p.: 6633 soustr.D27,7+0,03/L=129,3+-0,05; D19 Operační a kontrolní návodka	Operační návodka	1,10	
20	85083.0335	JUS AJN 75 Px2-1A	Vyvrtat D20,5+0,3 Operační a kontrolní návodka	Operační návodka	0,55	
30	45384.0365	MCV1000	Zhotovit dle p.p.: 6633-1 vrtat D14+0,05/D10,92+0,25/D6,25+0,1; Operační a kontrolní návodka	Operační návodka	0,94	
40	44211.0353	SOU VSC160 Emag	Zhotovit dle p.p.: 6633 soustružit D22,6+0,05; D19,75+0,1; D12,76+0,08; D7,8+-0,25; Operační a kontrolní návodka	Operační návodka	1,20	
50	85083.0335	JUS Vrtací jednotka	Vyvrtat D5+-0,5; D2,39+0,11 skrz obě stěny; zahloubit na D3,9+-0,25 Operační a kontrolní návodka	Operační návodka	0,42	
60	04582.0347	Vrtačka V20/4	odhrotovat D2,39 zevniř 2x a D6,25 vně; Operační a kontrolní návodka	Operační návodka	0,38	
70	05155.0175	Frézka FGU32	Fréz. drážku š=4,343+0,1/L=103,69; Operační a kontrolní návodka	Operační návodka	0,54	
80	99421.0336	Mechanik	Odhrotovat tvar hlavy; drážku včetně D5; průnik příčného otvoru Operační a kontrolní návodka	Operační návodka	1,00	
90	03321.0343	Lis	Dílce kalibrovat po deformaci Operační a kontrolní návodka	Operační návodka	0,60	
100	99423.0336	Strojek Emark	Dílce značit mikroúderem Operační a kontrolní návodka	Operační návodka	0,20	
110	06335.0190	Pračka	Vyprat a konzervovat Operační a kontrolní návodka	Operační návodka	0,31	
celkem					7,24	0
						List č.: 1

### 3 Obrábění dělovým vrtáním

Tento způsob vrtání otvorů se používá pro hluboké vrtání.

#### 3.1 Pojem hlubokého vrtání

Hluboké vrtání je speciální technologie pro obrábění otvorů v materiálu. Pokrývá oblast od průměrů kolem 0,6 mm až 1500 mm a poměru délky k průměru již od cca 2xD až do 200xD. Pouze pro otvory do 5xD a menší průměry (do 50 – 80 mm) se více uplatňují jiné způsoby vrtání a jiné nástroje. Pro vrtání otvorů nad 10xD a velkých průměrů se lépe využijí nástroje pro hluboké vrtání.

Důvodem, proč se stále častěji využívá hlubokého vrtání i u relativně krátkých otvorů, jsou dvě typické vlastnosti této technologie:

- vysoká kvalita otvoru
- vysoká produktivita

Charakteristickým požadavkem na použití nástrojů pro hluboké vrtání je nutnost vnitřního vysokotlakého výplachu (chlazení). Z tohoto důvodu byla dříve technologie vrtání hlubokých otvorů použitelná pouze na speciálních hlubokovrtacích strojích a díky tomu nebyla až tak rozšířená a známá. V posledních letech však výrobci obráběcích center a soustruhů začali své stroje vybavovat potřebným vysokotlakým chlazením (výplachem) středem nástroje, což umožnilo nasadit technologii vrtání hlubokých otvorů i na těchto univerzálních strojích. Díky tomu se technologie hlubokého vrtání stále rozšiřuje.

#### 3.2 Příklady použití

Ve strojírenství lze nalézt hodně případů, kdy je vhodné použít hluboké vrtání. Existuje celá řada typických obrobků, např. nejrůznější hřídele, zalomené hřídele, pastorky, bloky a hlavy motorů, trubkovnice pro tepelné výměníky a chemické kolony, vstřikovací systémy pro spalovací motory, formy, výroba nástrojů (kanálky pro přívod chlazení), tělesa čerpadel, hydraulické válce, roury a rozdělovače, včetně strojů, nejrůznější komponenty pro energetiku, a další.

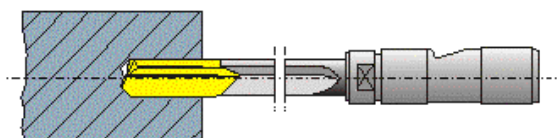
Existují také příklady poněkud nekonvenčního použití, např. výroba přesných silnostěnných trubek - je levnější provrtat tyčovinu, než vyrobit silnostěnnou rouru tažením.

#### 3.3 Způsoby vrtání

Operace hlubokého vrtání můžeme klasifikovat podle způsobu vrtání.

##### 3.3.1 Vrtání zplna

Nejčastější je metoda vrtání pro průměry do 100 mm, kdy v jedné operaci do plného materiálu vyvrtáme otvor.

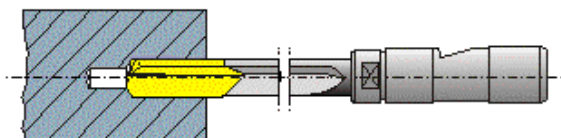


Obr. 3-1 Vrtání zplna dělovým vrtákem [6]

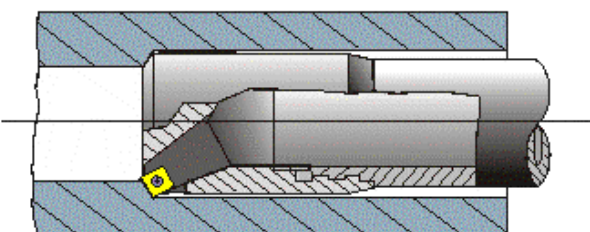
##### 3.3.2 Vyvrtávání (zvětšování otvoru)

Jedná se o zvětšování již vytvořeného otvoru. Otvor, který byl již vytvořen během odlévání, kování nebo tažení, je následně obroben, aby bylo dosaženo požadovaných

tolerovaných rozměrů a povrchového opracování. Někdy také nestačí výkon stroje na vrtání otvoru zplna, a tak se vyvrtá zplna menší průměr a následně se převrtá. Podskupinou operace převrtávání je tažné převrtávání, kdy posuv je vykonáván nikoliv tlakem na nástroj, ale tahem. Výsledkem je nejlepší možná dosažitelná sousost otvoru. Typickým příkladem je obrábění přesně tažených, nebo za tepla válcovaných rour pro hydrauliku, které se ještě zpravidla válečkují.



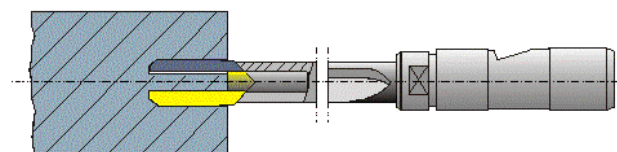
Obr. 3-2 Vyvrtávání dělovým vrtákem [6]



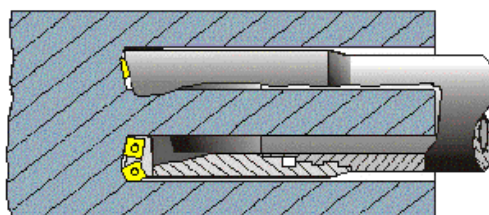
Obr. 3-3 Vyvrtávání BTA (převrtávání) [6]

### 3.3.3 Vrtání na jádro

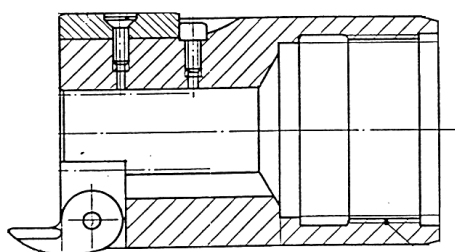
Při vrtání na jádro se vrtá do plného materiálu, ale materiál se odebírá pouze v mezikruží a uprostřed zůstane jádro. Používá se u vrtání většího průměru a výkon stroje by byl nedostatečný, ale také potřeba odběru vzorků materiálu pro různé zkoušky a u velmi drahých materiálů (snaha o úsporu), neboť jádro samotné může být také obrobkem. Při vrtání slepých otvorů na jádro se jádro upichuje speciálním nástrojem s výkyvným nožem, který se opře o dno otvoru a posuvem se vyklápí a upichuje jádro.



Obr. 3-4 Vrtání na jádro dělovým vrtákem [6]



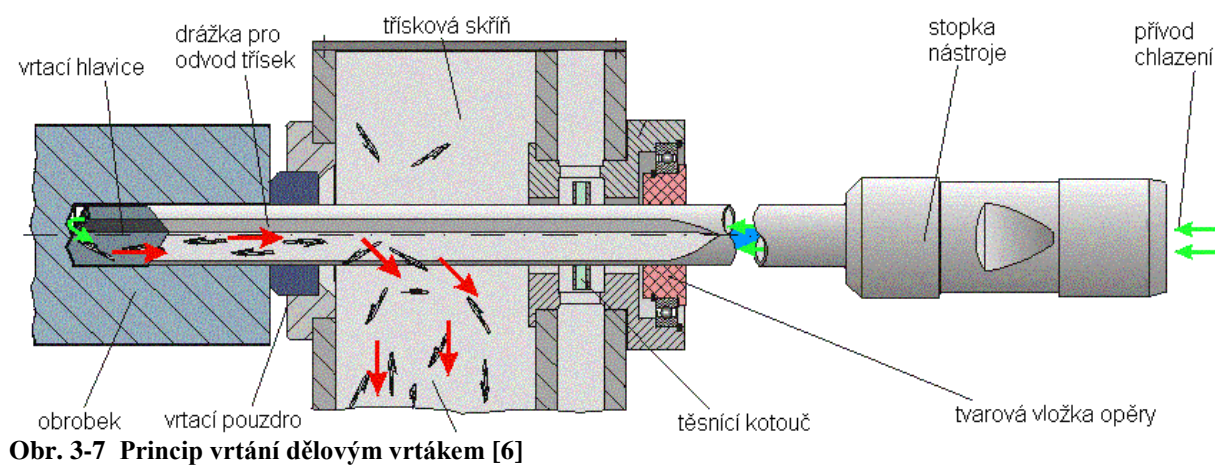
Obr. 3-5 Vrtání na jádro BTA [6]



Obr. 3-6 Upichování jádra [8]

### 3.4 Dělový vrták

Dělový vrták je jednobřítý nástroj s vnitřním výplachem a vnějším odvodem třísek. Nástroj má vnější přímou drážku ve tvaru V a vnitřní průchod pro chladicí a mazací kapalinu. Kapalina protéká osou nástroje, obtéká řeznou hranu, bere s sebou vznikající třísky a odvádí je vnější drážkou ven z otvoru.



Obr. 3-7 Princip vrtání dělovým vrtákem [6]

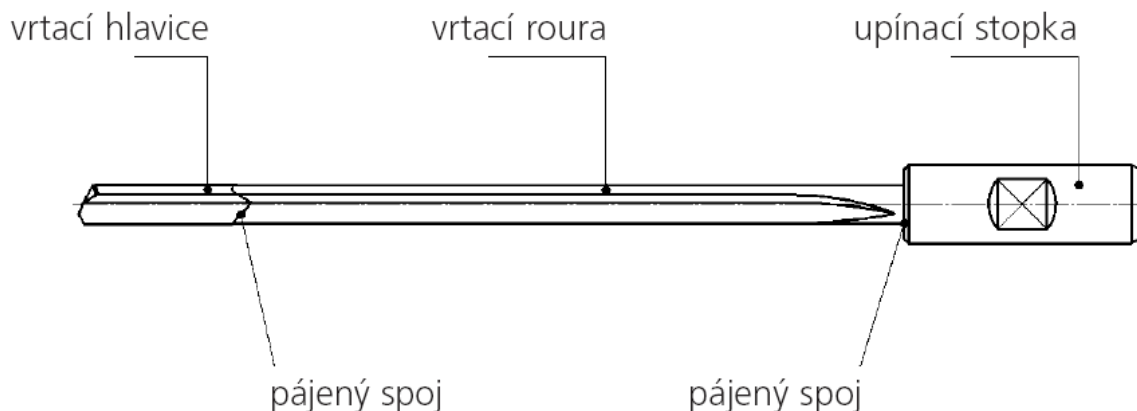
Dělové vrtáky pokrývají rozsah od nejmenších průměrů přibližně od 0,7 mm, až do průměru přibližně 80 mm a hloubky až 200xD.

### 3.5 Popis dělového vrtáku

Pro vrtání hlubokých otvorů se nejvíce používá dělový vrták

#### 3.5.1 Části a základní typy dělových vrtáků

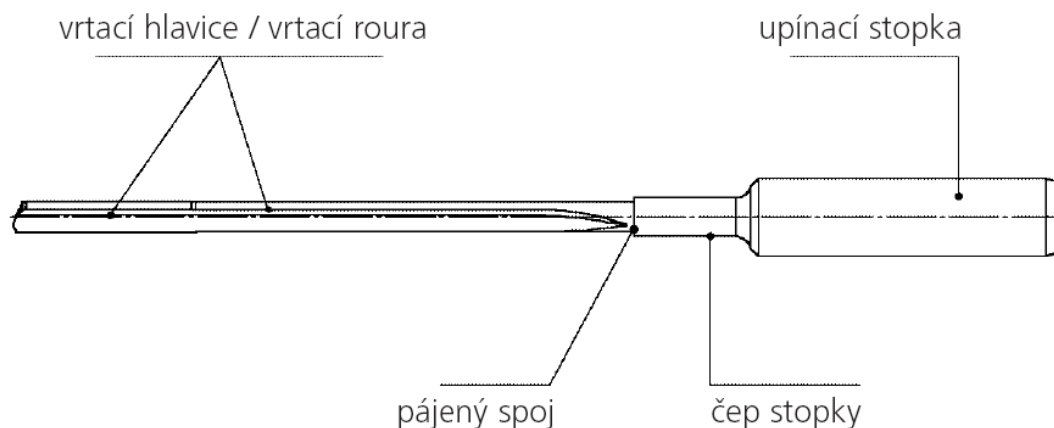
Dělový vrták má tři základní části – vrtací hlavici, vrtací rouru a stopku. **Vrtací hlavice** je typicky vybroušena ze slinutého karbidu, ale u větších průměrů může být také vyrobena z oceli s vpájenými karbidovými prvky (řezná hrana a vodítka). Hlavice má po obvodu vybroušené vodící lišty (vodítka), které jsou během vrtání v kontaktu s vrtaným materiálem. U větších průměrů se dnes ve velké míře více používají vyměnitelné elementy (destičky a vodítka). Výslednice sil působících na nástroj během vrtání silně tlačí vodítka hlavice proti stěně vyvrtaného otvoru, takže dochází k mírnému přetváření povrchu a vzniká tak vysoká kvalita opracování typická pro všechny nástroje pro hluboké vrtání.



Obr. 3-8 Dělový vrták pájený [8]

**Vrtací roura** je standardně vyrobena z roury z kvalitní zušlechtěné oceli, do které je prolisovaná vynášeč drážka ve tvaru „V“ pro odvod třísek. Vrtací roura je s vrtací hlavici spojená stříbrnou pájkou. Pro nejmenší průměry se vyrábí **celokarbidové dělové vrtáky**. Jejich hlavice i roura jsou vyrobeny z jednoho kusu slinutého karbidu. Tento nástroj má výrazně vyšší tuhost. Teprve vynález celokarbidového dělového vrtáku umožnil vyrábět dělové vrtáky průměrů menších než 2 mm a dovolil používat vyšší posuvové rychlosti.





Obr. 3-9 Dělový vrták celokarbidový [8]

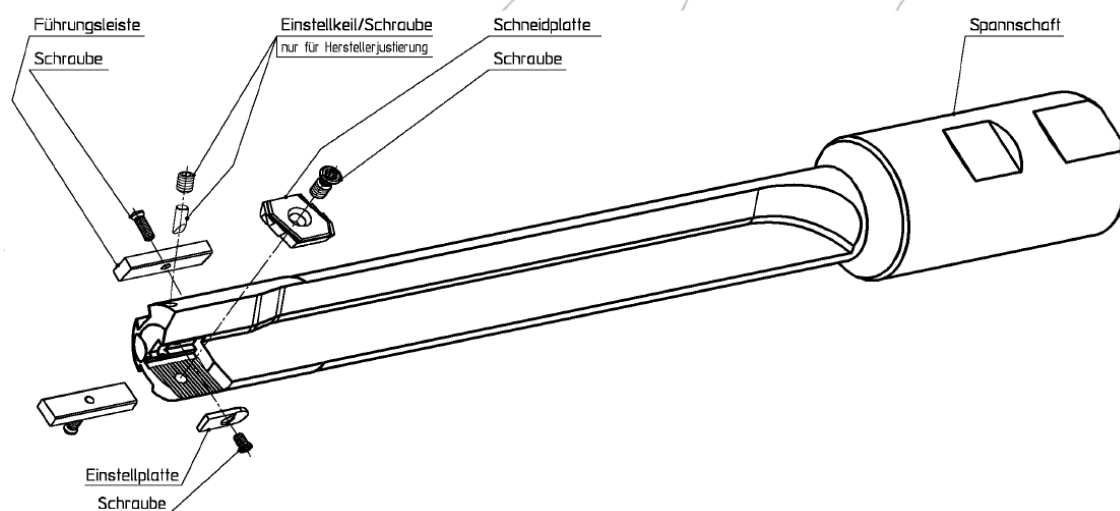
**Stopka** přenáší kroutící moment ze stroje na nástroj. Vyrábí se v nejrůznějších provedeních. U větších průměrů se nejčastěji objevuje válcová stopka s ploškou pro upínací šroub, např. Weldon. U nejmenších průměrů celokarbidových nástrojů je doporučena hladká válcová stopka, která se upne do nějakého přesného upínače s upínací silou působící po celém obvodu směrem do středu, např. tepelné upínače, přesné kleštiny nebo hydraulické upínače.

Pro průměry od 18 mm existuje také moderní varianta **dělových vrtáků s vyměnitelnou břitovou destičkou a vodítky**. Konstrukce kombinuje vlastnosti z hlaviček BTA a dělových vrtáků. Nástroj má vyměnitelnou břitovou destičku a 2 nebo 5 vodítek. Břit a vodítka mohou být z jiného materiálu a přizpůsobit se tak lépe podmínkám. Při změně podmínek je snadné přizpůsobit nástroj výměnou destičky a vodítek za jiné. Na destičkách je možné vytvořit různé utvařeče třísek. Břitová destička má dělené ostří, takže dělí třísku na menší části. Používání je velmi hospodárné zejména ve velkosériové výrobě.

**botek**  
Tiefbohrsysteme – Hartmetallwerkzeuge

### Dělový vrták s vyměnitelnými elementy

Vrtané průměry 13,50 – 43,99 mm s jednou destičkou



Obr. 3-10 Dělový vrták s vyměnitelnými destičkami a vodítky typ 01 [8]

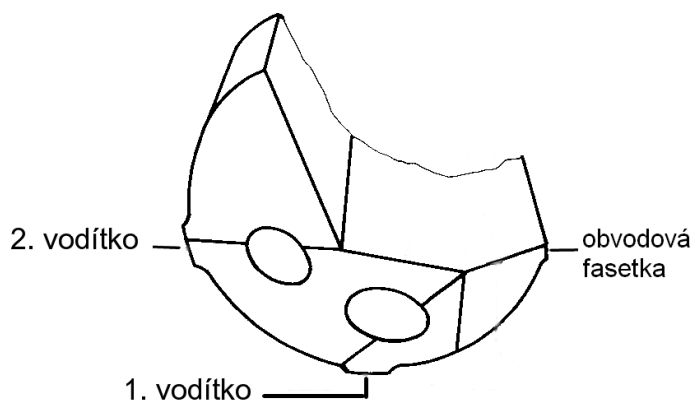


Obr. 3-11 Dělový vrták s vyměnitelnými destičkami a vodítky typ 01




### 3.6 Geometrie nástroje

#### 3.6.1 Vodítka





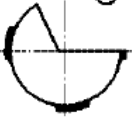
Dělový vrták je jednobřítý nástroj, pro který je charakteristické, že je veden pomocí nejméně třech plošek - dvou vodítek a vedlejší hrany bez podbrusu – obvodové fasetky. Obvodová fasetka je vždy stejná, ale další vodící plošky se mohou dle aplikace měnit co do velikosti a rozmístění. U některých typů, jako např. typ G, který je standardní a univerzální, první a druhé vodítko splývají do jednoho širokého vodítka.



Obr. 3-12 Vodící plochy na dělovém vrtáku [8]

<p><b>G</b> (standard)</p> 	<p><b>E</b></p> 	<p><b>C</b></p> 
<ul style="list-style-type: none"> <li>- všechny materiály</li> <li>- pro většinu aplikací</li> <li>- těsná tolerance otvoru</li> <li>- nízká odchylka od osy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- všechny materiály a plasty</li> <li>- předurčeno pro systém minimálního mazání (MQL)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nerezové oceli, dřevo</li> <li>- těžko obrobitelné materiály</li> <li>- přednostně pro použití s emulzí</li> </ul>

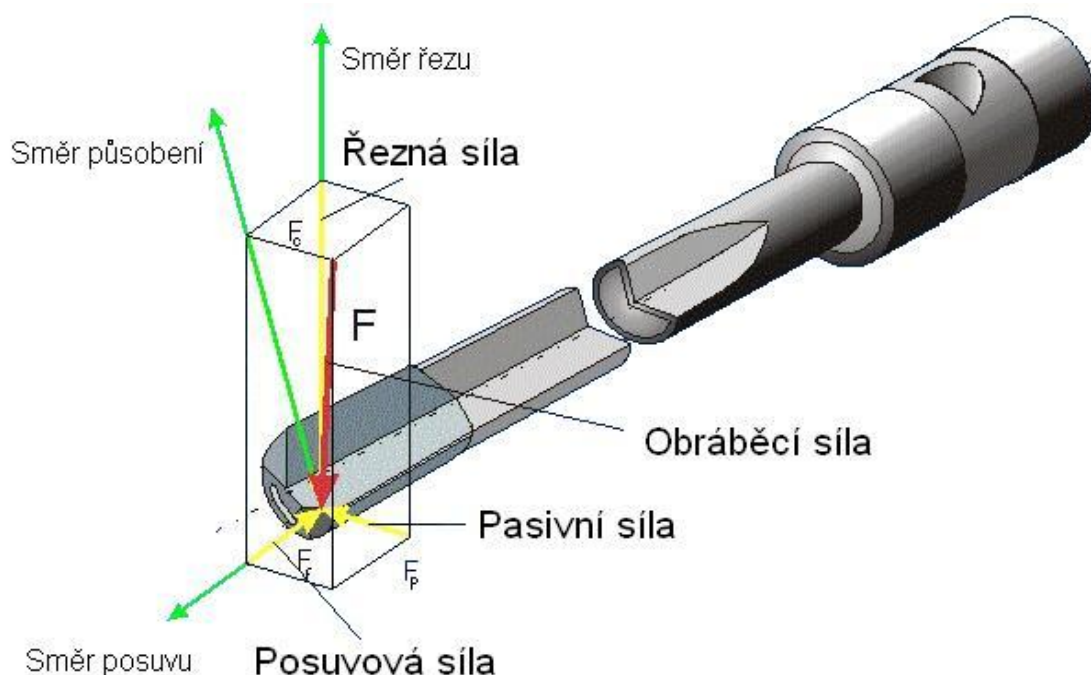


<p style="text-align: center;">A</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- hliníkové slitiny</li> <li>- těsná tolerance</li> </ul>	<p style="text-align: center;">D</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- litina a grafit</li> <li>- těsná tolerance v litině</li> </ul>	<p style="text-align: center;">EM</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- ocel, litina</li> <li>- měkké materiály</li> </ul>
<p style="text-align: center;">EA</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- ocel a hliník</li> <li>- pro křížení otvorů</li> <li>- nepříznivé podmínky při zavrtávání</li> </ul>	<p style="text-align: center;">S</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- ocel</li> <li>- těsná tolerance</li> <li>- dobrý povrch</li> <li>- zvláště pro krátké otvory</li> </ul>	

Obr. 3-13 Různé druhy vodítek dělového vrtáku [8]

### 3.6.2 Řezná geometrie

Řezná rychlost, která působí na břit, se zmenšuje od obvodu směrem k ose otáčení, ve středu je rychlost nulová, což je pro nástroj velmi nevýhodné. U klasického dvoubřitého vrtáku v místě příčného ostří je nástroj značně namáhaný. Dělový vrták snižuje tyto nepříznivé vlivy tím, že má asymetrickou geometrii (je to jednobřítý nástroj) a špička vrtáku není v ose otáčení ale zpravidla v  $\frac{1}{4}$  průměru. V důsledku toho jsou ovšem řezné síly nevyvážené a výslednice sil má významnou radiální složku, která působí směrem k prvnímu vodítku.



Obr. 3-14 Rozložení řezných sil [6]

Pro různé materiály a aplikace byly vyvinuty různé geometrie ostření dělových vrtáků. Ve většině případů je vyhovující standardní ostření, které dává dobrou tvorbu třísky.

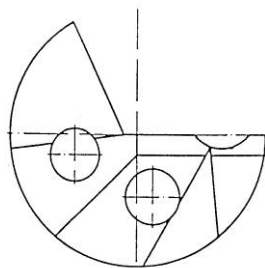
Ostření je možné provádět na běžných nástrojových bruskách s diamantovým brusným kotoučem za pomoci speciálního tříšosého přípravku. S použitím přípravku je možné docílit opakovaně vysoké přesnosti geometrie. Pro ostření nástrojů od průměru 5 mm výše se doporučuje používat dvojité brusné kotouče, kde jeden kotouč slouží k hrubování a jeden k jemnému dobroušení. Při práci se nevyplatí příliš spíchat, protože nástroje se většinou ostří na sucho a přehřátí při ostření může vytvořit v řezném materiálu mikrotrhliny. Riziko přehřátí roste s průměrem nástroje. V žádném případě by nemělo dojít k jakékoliv změně barvy slinutého karbidu během ostření.



**Obr. 3-15 Přípravky pro broušení dělových vrtáků**

Pokud chceme zvětšit tlak na vodítka a snížit tak například chvění nástroje nebo zlepšit opracování povrchu, je možné vybrousit tlumící fasetku, malé sražení na vnější straně, nebo posunout špičku vrtáku blíže ke středu. Další možnou úpravou je vytvoření hlubší olejové fasetky v neřezné části nástroje. Tím se zvětší prostor pro průchod chladicí kapaliny do vynášecí drážky a vylepší se transport třísek. Na druhé straně se tím ale sníží průtok kapaliny přes vnější část řezné hrany.

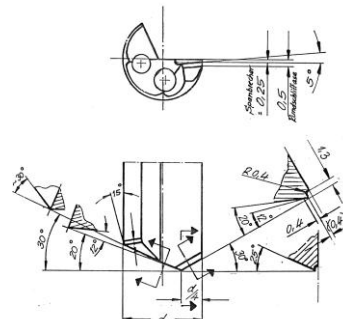
Pokud potřebujeme dosáhnout rovného dna u slepých otvorů, můžeme použít zvláštní geometrii bez špičky.



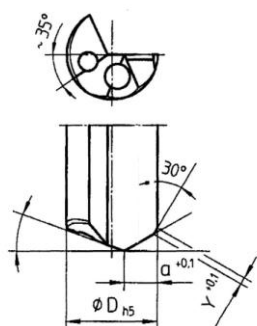
Obr. 3-16 Podélný utvařec třísky [8]



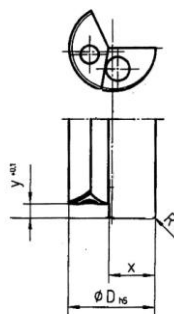
Obr. 3-17 Podélný utvařec třísky [8]



Obr. 3-18 Příčný utvařec třísky [8]



Obr. 3-19 Tlumičí fazetka

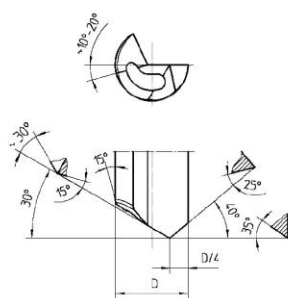


Obr. 3-20 Ostření pro rovné dno

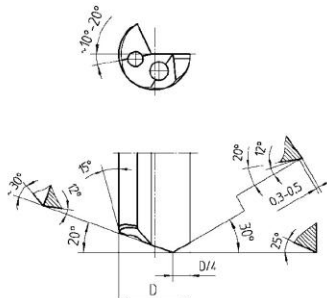


Obr. 3-21 Zvětšení prostoru pro výplach

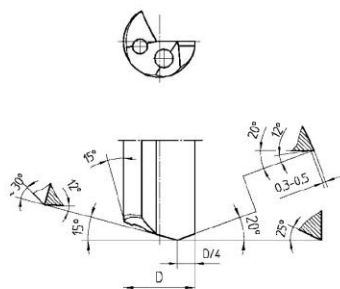
V případě problémů s utvářením třísky můžeme použít podélný nebo příčný utvařec třísky. Příčný utvařec se již téměř nepoužívá, neboť se musí při každém přeastření znovu vybrušovat. Podélný utvařec je vybrušen již výrobcem nástroje a nemusí se nijak zohledňovat při přeastření nástroje. Podélný utvařec je drážka na čele nástroje, která zasahuje do vnější rezné hrany, takže hrana není rovná a tím na třísece vzniká zvlnění, které pomáhá třísku zlomit.



Standardní broušení č. 001 (SA-0001)  
pro vrtaný rozsah 1.850 - 4.000 mm



Standardní broušení č. 002 (SA-0002)  
pro vrtaný rozsah 4.001 - 20.000 mm



Standardní broušení č. 003 (SA-0003)  
pro vrtaný rozsah 20.001 - ... mm

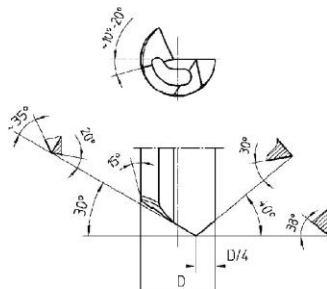


Schéma standardního broušení č. 001/1 (SA-0009)  
pro vrtací rozsah 0.700 - 4.000 mm

Obr. 3-22 Standardní geometrie ostření dělových vrtáků Botek [8]

### 3.7 Řezné materiály

Hlavice menších dělových vrtáků jsou často vybroušené z jednoho kusu slinutého karbidu. U velkých průměrů bývá hlavice vyrobena z rychlořezné oceli a k ní jsou připevněny vyměnitelné elementy (destička a vodítka). Podobný princip je u nástroje, do kterého je vpájená destička, která tvoří řeznou hranu. Stejným způsobem jsou vpájena vodítka. Tato konstrukce dovoluje rozdílný karbid na řezné hraně a na vodítkách. Lépe lze tedy přizpůsobit nástroj daným podmínkám. Ocelová hlavice lépe tlumí chvění, takže je zlomení hlavice velmi výjimečné.

Celokarbidové vrtáky jsou vybroušené z jednoho kusu slinutého karbidu. Běžně se používá karbid K15 a jeho odvozeniny s jemnějším zrnem, které mají vyšší houževnatost při zachování stejné otěruvzdornosti. Pro obrábění hliníku se někdy používá tvrdší a křehčí karbid K10, ale většinou také K15.

Pro vrtáky s vyměnitelnými destičkami se používají karbidy K30, K10, P20, P25, P40 a další. Velká výhoda tohoto typu nástroje je, že můžeme při testech vyzkoušet několik karbidů.

Při zvýšeném opotřebení nástrojů nebo tvorbě nárůstku můžeme nástroj opatřit povlakem hlavice. Nedoporučuje se nechat hotový nástroj následně povlakovat. Při porušení tohoto doporučení hrozí nebezpečí snížení pevnosti pájeného spoje a zvýšení radiálního házení nástroje. Výrobce zpravidla nejdříve povlakuje samotnou hlavici, kterou poté spojí s rourou pájením. Pokud výrobce z nějakého důvodu plánuje povlakování již hotového nástroje, použije jinou pájku a během procesu povlakování chrání vrtací trubku. Nástroje se ostří vždy až po povlakování, takže hřbet vrtáku zůstává bez povlaku.

K povlakování dělových vrtáků se používá TiN, TiCN, TiAlN, AlTiN, CrN a jejich kombinace známé pod názvy Futura nebo X-Treme. Povlaky se používají ze stejných důvodů jako u jiných nástrojů – snížení tření, vyšší otěruvzdornost, ochrana před teplotou. Někdy se stává, že povlak sice prodlouží životnost nástroje, ale zkomplikuje tvorbu třísky z důvodu snížení tření. Pokud se nepodaří zlomit třísku úpravou řezných parametrů, je možné povlak odbrousit z čela nástroje, vznikne tak částečně povlakovaný nástroj. Na čele, kam dopadá tříška při svém utváření, se nástroj chová, jako by byl bez povlaku, ale obvodová fasetka a vodící lišty jsou povlakované, takže chráněné.

### 3.8 Použití dělových vrtáků

#### 3.8.1 Použití z hlediska chlazení a mazání

Dělové vrtáky je možno používat na speciálních hlubokovrtacích strojích, ale také na moderních CNC strojích. Důležitý je vysoký tlak vnitřního chlazení (výplach). Při vrtání dělovými vrtáky vznikají velké řezné síly, které způsobují radiální tlak na vodítka a tím částečně přetvářejí povrch díry. Je velmi důležité vhodné mazání. Nejlepším chladícím médiem pro hluboké vrtání je **řezný olej**. Na kvalitu oleje jsou kladeny vysoké požadavky, protože potřebujeme, aby vytvářel mazací olejový film i za vysokých tlaků. Základem je zpravidla minerální olej, do kterého jsou přidávány různé přísady. Nejlepší jsou oleje s vysokotlakými přísadami, tzv. EP (Extrem Pressure) přísadami. Jsou to přísady na bázi síry. Dříve se používaly chlorové přísady, ale z důvodu bezpečnosti práce a ekologie se téměř nepoužívají. Tyto přísady při vysokých teplotách (nad 800 °C) chemicky reagují s kovem kluzných ploch a vytvářejí tak odolný kluzný film, který se neutrhne ani při vysokém tlaku mezi kluznými plochami.

Pro vrtání hlubokých otvorů se také používají olejové a syntetické **emulze**. Voda má tepelnou vodivost a tepelnou kapacitu vyšší než olej, proto lépe odvádí teplo. Nemá ale tak dobré mazací vlastnosti jako olej. Toto je pro tento typ obrábění velice důležité. Z tohoto

důvodu se používá vyšší koncentrace olejových složek, než je potřebné pro běžné obrábění. Doporučuje se 11 – 12 %. Potřeba vytváření mazacího filmu na kluzných plochách při těchto podmínkách vrtání platí jak u emulzí, tak i u olejů, proto se také do emulzí přidávají EP přísady, které výrazně zlepšují mazací vlastnosti.

Další možností chlazení těchto vrtáků je **tlakový vzduch s olejovým aerosolem**. Tento způsob je nejméně účinný z uvedených druhů, ale dovoluje použít hluboké vrtání i na strojích, které doposud nebyly vybavené potřebným chlazením a nemají vhodné krytování pracovního prostoru. Funkci odvádění tepla zastává tlakový vzduch minimálně 8 bar. Vzduch unáší drobné kapičky kvalitního oleje, které zajišťují funkci mazání. Olej je přesně dávkován malým čerpadlem. Používají se rostlinné oleje z důvodu sníženého zdravotního rizika pro obsluhu. Spotřeba oleje je velmi malá. Během hodiny provozu se při vrtání průměru 10 mm spotřebuje kolem 70 ml oleje.

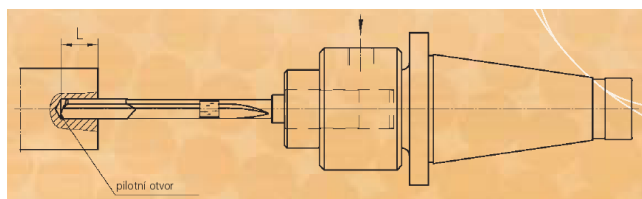
Kromě chlazení a mazání plní použité médium ještě **transportní funkci**. Nástroje pro hluboké vrtání nemají drážku pro odchod třísek do šroubovice, neboť ta je od určité hloubky neúčinná. Dělové vrtáky mají přímou drážku a transport třísek od řezné hrany zajišťuje kapalina či vzduch. Proto jsou pro správnou funkci nutné vysoké tlaky. Proudění vzduchu je velmi rychlé, proto stačí tlak kolem 8 barů. U kapalin hraje důležitou roli **viskozita**. Pro průměry od 0,7 do 1,5 mm je doporučená viskozita oleje 8 – 10 mm<sup>2</sup>/s, pro průměry od 1,5 do 18 mm 10 – 15 mm<sup>2</sup>/s a pro větší průměry nad 15 mm<sup>2</sup>/s. Doporučené tlaky a průtoky v závislosti na průměru nástroje jsou uvedené v tabulkách. Protože emulze je řidší než olej a proudí tedy rychleji, stačí tlak asi o 20 % nižší než pro olej.

Olej i emulze dopravují třísky, a proto je nutné třísky od oleje oddělit. Součástí systému musí být řádná **filtrace**. Pro vrtání dělovými vrtáky průměru nad 2 mm se doporučuje filtrace částic alespoň od velikosti 20 μm. Pro menší průměry je doporučený stupeň filtrace 5 – 10 μm. Při nedodržení kvalitní filtrace se zkracuje životnost nástroje, neboť drobné částičky v oleji či emulzi působí na nástroj jako brusivo. Při větších nečistotách hrozí dokonce ucpání kanálek pro průchod kapaliny a tím okamžitá destrukce nástroje.

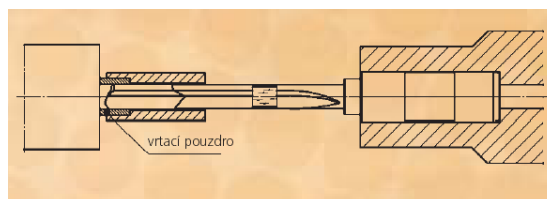
### 3.8.2 Vedení vrtáku na začátku vrtání

Protože dělový vrták pracuje s nevyváženými řeznými silami a během vrtání se opírá vodítky o stěnu vyvrtaného otvoru a není tedy schopen se sám zavrtat do materiálu, protože by se na začátku vrtání neměl o co opřít, je potřeba vytvořit pro dělový vrták vedení.

Na speciálních hlubokovrtacích strojích se používá **vrtací pouzdro**, které je vyrobené v toleranci F7 nebo lépe G6 a je hydraulicky přitlačené k obrobku, aby vytvořilo potřebné vedení. Vrtací pouzdra se vyrábějí z nástrojové ocele a jsou kalená na cca 60 - 65 HRC a přesně broušena. Také se mohou vybrousit ze slinutých karbidů. V zadní části (tj. směrem ke vřetenу) se dělá vnitřní sražení, nebo rádius pro snazší zavedení nástroje.



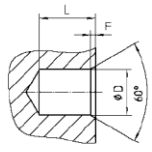
Obr. 3-23 Vrtání s pilotním otvorem



Obr. 3-24 Vrtání s vrtacím pouzdrém

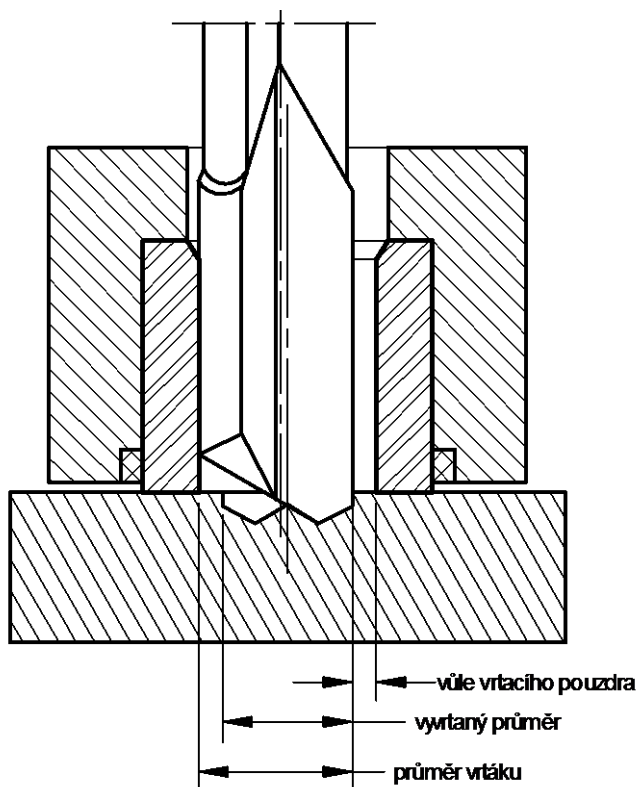
Na strojích, kde nelze použít vrtací pouzdro, se musí zhotovit v obrobku tzv. **pilotní otvor**. Pilotní otvor se vrtá při stejném upnutí jako hluboké vrtání. Důležité pro zajištění souososti pilotního otvoru s dokončovaným otvorem. Požadavky na přesnost průměru jsou

podobné jako na vrtací pouzdra (viz tabulka). Pokud je to možné je vhodné srazit hranu pilotního otvoru pro odstranění otrepu a snažší zavedení dělového vrtáku do otvoru.

vrtaný rozsah (mm)	rozměry zavedení (pilotní otvor)	L (mm)	D (mm)
0.70 - 2.50		ca. 2 x D	+ 0.005 do + 0.015
2.60 - 8.90		ca. 1.5 x D	+ 0.010 do + 0.020
9.00 - 50.00		ca. 1 x D	+ 0.015 do + 0.040

Obr. 3-25 Rozměry pilotního otvoru [8]

V případě volného pilotního otvoru nebo vrtacího pouzdra začíná nástroj vrtat menší průměr, než je jeho jmenovitý průměr viz obrázek. V momentě, kdy se vodítka na hlavici začnou dostávat do vyvrtaného otvoru, musí se nástroj náhle vmáčknout do otvoru, který má průměr menší o dvojnásobek vůle mezi vlastním průměrem nástroje a vrtacím pouzdrům (resp. pilotním otvorem). Při velkém rozdílu může dojít k poškození obvodové fasetky nebo destrukci celého nástroje v důsledku prudkého nárůstu krouticího momentu. Pokud nástroj takové zatížení „přežije“, je odtlačen z ideální osy směrem k vnější rezné hraně, čímž opět začíná vrtat větší průměr a vše se opakuje. Výsledkem je pak zhoršená odchylka osy vývrtu a rozměrová přesnost otvoru a snížená životnost nástroje. V otvoru jsou patrné prstencové rýhy od toho, jak nástroj střídavě vrtá příliš malý a příliš velký otvor.



Obr. 3-26 Problém volného pilotního otvoru [8]

### 3.8.3 Pracovní postup vrtání dělovým vrtákem

Předpokládejme, že už máme vytvořený kvalitní pilotní otvor (resp. vrtací pouzdro). Vrtací cyklus by měl vypadat následovně:

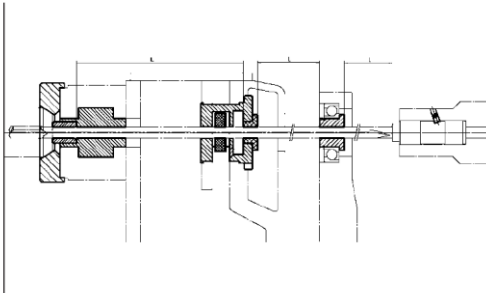
1. Zavedení nástroje do pilotního otvoru bez otáček, nebo s nízkými otáčkami (50 ot/min) asi 1 mm od dna. Pozor při výpočtu délky, když špička dělového vrtáku není ve středu!
2. Zapnutí vysokotlakého výplachu a pracovních otáček vřetene. Vyčkání plného výkonu chlazení.
3. Zapnutí pracovního posuvu a plynulé vrtání bez přerušování na celou potřebnou hloubku. Při velmi dlouhém nástroji (kolem 40xD) a používání vysokých posuvových rychlostech je vhodné vrtat několik prvních milimetrů s nižším posuvem. Totéž platí při nepříznivých zavrtávacích podmínkách, např. zavrtávání šikmo k povrchu materiálu se zkoseným vrtacím pouzdrům. Rovněž při nepříznivých podmínkách při dovrtávání, např. výjezd do šikmé nebo válcové plochy, je nutné snížit posuv těsně před dosažením této problematické části přibližně na polovinu a vrtat celou přechodovou oblast se sníženým posuvem.
4. Při dosažení vrtané hloubky vypnout nejdříve posuv, pak zastavit otáčky vřetene a s malou prodlevou vypnout vysokotlaký výplach.
5. Rychloposuvem vyjet s nástrojem z otvoru.

Pokud se z nějakého důvodu rozhodneme **přerušit vrtací cyklus** a zkontrolovat nástroj, musíme vždy nejdříve zastavit posuv, pak otáčky a na konec výplach. Pak je možné vyjet s nástrojem z otvoru. Pokud chceme nedokončenou díru dovrtat, musíme mít jistotu, že v ní nezůstaly žádné třísky, nebo dokonce zbytky slinutého karbidu z rozbitého nástroje

Mezi problematické operace patří **křížení otvorů**. Pokud se jedná o osové křížení otvoru se stejným průměrem pod úhlem 90°, je nutné v místě křížení snížit pracovní posuv přibližně na polovinu. To znamená těsně před bodem, kdy špička vrtáku protne stěnu kříženého otvoru až po okamžik, kdy jsou všechna vodítka alespoň 2 mm trvale zavedená ve vyvrtaném otvoru, musí být snížený posuv, neboť nástroj v místě křížení koná přerušovaný řez. Pokud je křížení pod menším úhlem, je nutné posuv snížit ještě více – dle okolností až na 30 % normálního pracovního posuvu. Zároveň je nutné ve všech těchto případech si uvědomit, že nástroj částečně ztrácí vedení (oporu), které ke své funkci nutně potřebuje. Nemůže je však ztratit úplně, proto je nutné spočítat, jestli délka hlavice je dostatečně dlouhá, aby vodítka na hlavici se měla stále o co opírat.

Nástroj se nikdy nesmí točit vysokými otáčkami, aniž by byl veden v otvoru nebo vrtacím pouzdru, neboť je silně nevyvážený a mohl by být ze stroje odmrštěn. Délka volné části nástroje bez opěry by nikdy neměla přesáhnout hodnoty v tabulce. Při překročení této hodnoty je nástroj příliš namáhán na vzpěr a působí na něj nesymetrické odstředivé síly, takže může dojít k jeho zničení a ohrožení zdraví osob. Pokud se nástroj používá na stroji bez opěr a je nutné vrtat otvory hlubší než povoluje tabulka maximálních volných délek, je možné použít sadu nástrojů. To znamená, že nejprve vrtáme nástrojem, který má maximální povolenou délku do maximální hloubky, kterou nástroj umožňuje. Pak vezmeme nástroj, který má o 0,02 mm menší průměr a jehož volná neopřená délka při zasunutí do otvoru vyvrtaného prvním vrtákem opět nepřesahuje povolenou délku a vrtáme další část díry. Takto můžeme vytvořit sadu třeba 3 vrtáků, která umožní vrtat i velmi hluboké otvory.



<p>maximální neopřená délka (L) nástroje mezi opěrami resp. mezi vřetenem a pilotním otvorem</p> 	dělový vrták	vrtaný- $\varnothing = D$	maximální neopřená délka (L) nástroje
	celokarbidový	0.700 - 0.999	cca. 80 x D
		1.000 - 1.999	cca. 100 x D
		2.000 - 6.349	cca. 80 x D
	s pájenou hlavici	1.850 - 20.999	cca. 40 x D
		21.000 - 30.999	cca. 35 x D
31.000 - 40.999		cca. 30 x D	
	41.000 - 55.000	cca. 25 x D	

**Příklad 1:** D = 2.00 mm, použití bez opěr do max. 80 mm neopřené délky (L) = 40 x D možné  
**Příklad 1:** D = 2.00 mm, celková délka 200 mm, 1. opěra cca v 80 mm délky (L), 2. opěra cca ve 160 mm délky (L)

Obr. 3-27 Maximální volné délky nástroje bez podpěry

### 3.8.4 Řezné parametry

V tabulce jsou uvedeny řezné podmínky pro dělové vrtáky typ 01 od firmy „Botek“. Řezné podmínky jsou vždy součástí katalogu. Tyto uvedené hodnoty jsou přibližné pro vrtání do různých materiálů. Přesné hodnoty pro konkrétní aplikaci se vždy musí stanovit zkouškou. Obecně platí, že pokud vzniká příliš dlouhá tříska, musím zvýšit posuv na otáčku, tím se tříška stane silnější a snáze se zlomí. Pokud je tříška zbarvená do hněda nebo do modra, je nutné snížit řeznou rychlost. Tříška by měla být bez barevných změn a pokud možno krátká, aby dobře odcházela z otvoru. Je vhodné sledovat proud kapaliny proudící z vývrtu. Měl by to být trvalý neměnný proud. Pokud se proud kapaliny vždy na nějakou dobu přeruší, znamená to, že třísky neodcházejí plynule a mohly by způsobit ucpání vynášecí drážky a následné zničení nástroje.

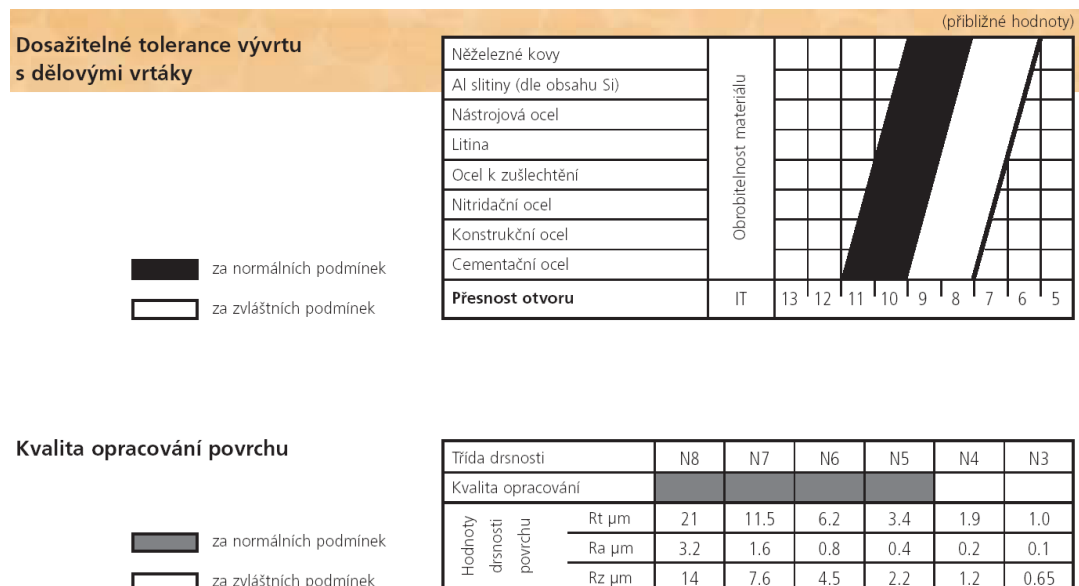
Werkstückstoffe Festigkeitswerte	Vc (m/min)	f (mm/U) bei Bohrdurchmesser (mm)				Hartmetallsorten					
		13,50 - 18,00	18,00 - 25,00	25,00 - 32,00	32,00 - ...	Schneidplatte		Führungs- leisten			
						bis $\varnothing$ 17,99	ab $\varnothing$ 18,00				
Baustahl $\leq 700 \text{ N/mm}^2$	80 - 100	0,06 - 0,10	0,08 - 0,11	0,10 - 0,14	0,13 - 0,16	K 30B-1	P 25B-1	P 20			
Einsatzstahl $\leq 700 \text{ N/mm}^2$											
Einsatzstahl $\leq 1.100 \text{ N/mm}^2$	70 - 80	0,06 - 0,10	0,08 - 0,11	0,10 - 0,13	0,12 - 0,15				P 25B-1*	P 40B-1	
Vergütungsstahl $\leq 700 \text{ N/mm}^2$	70 - 90	0,06 - 0,10	0,08 - 0,11	0,10 - 0,14	0,13 - 0,16				P 25B-1		
Vergütungsstahl $\leq 1.100 \text{ N/mm}^2$	55 - 75	0,06 - 0,10	0,08 - 0,11	0,10 - 0,13	0,12 - 0,15				P 25B-1*	P 40B-1	
Nitrierstahl $\leq 1.100 \text{ N/mm}^2$	55 - 75	0,06 - 0,09	0,08 - 0,10	0,09 - 0,12	0,11 - 0,14						P 20B
Ferritischer Stahl $\leq 900 \text{ N/mm}^2$	60 - 80	0,06 - 0,10	0,08 - 0,11	0,10 - 0,14	0,13 - 0,16						
Austenitischer Stahl	60 - 80	0,06 - 0,09	0,08 - 0,10	0,10 - 0,12	0,12 - 0,14	K 10-1	P 25-1				
Hitzebeständ. Stahl, Werkzeugstahl	50 - 70	0,06 - 0,09	0,08 - 0,10	0,10 - 0,12	0,12 - 0,14	K 30B-1	P 25B-1*	P 20			
Stahlguss $\leq 700 \text{ N/mm}^2$	60 - 80	0,06 - 0,10	0,08 - 0,11	0,10 - 0,14	0,13 - 0,16						
Sphäroguss $\leq 1.100 \text{ N/mm}^2$	65 - 80	0,08 - 0,12	0,10 - 0,13	0,12 - 0,15	0,14 - 0,18						
Gusseisen, legiert und unlegiert	70 - 100	0,08 - 0,12	0,10 - 0,13	0,12 - 0,15	0,14 - 0,18	K 10-1	K 10-1				
Aluminium und Aluminiumlegierungen	100 - 200	0,07 - 0,11	0,09 - 0,12	0,10 - 0,14	0,12 - 0,18						
Kupfer Cu-Gehalt < 99%	120 - ...	0,04 - 0,09	0,06 - 0,10	0,08 - 0,12	0,10 - 0,14						

Obr. 3-28 Řezné podmínky pro děl. vrták Botek typ 01 [9]

### 3.8.5 Kvalita vývrtu



Na výslednou kvalitu hlubokého otvoru má vliv správný výběr nástroje a řezných parametrů, stav stroje (souosost, vůle a vrtací pouzdra), typ a stav chladicího a mazacího média, stav nástroje a materiál obrobku. Obecně platí, že se nástroji pro hluboké vrtání docílují nejlepší kvality otvoru ze známých způsobů vrtání (jak v toleranci průměru, kruhovitosti, drsnosti povrchu, přímosti a válcovitosti). Tolerance otvoru se běžně pohybuje od IT8 do IT10 a drsnost povrchu od Ra 0,4 do 3,2 μm. Více napoví tabulky.



**Obr. 3-29 Tolerance průměru a drsnosti povrchu [8]**

Odchylka osy otvoru od ideální osy neboli o kolik je střed konce otvoru odchýlený od osy plánované osy, nemá lineární nárůst s hloubkou vrtání, ale je progresivní. Vůbec nejlepších výsledků se dosahuje tažným způsobem s BTA hlavicemi. Nejlepších výsledků s použitím dělových vrtáků se dosáhne, když rotuje nástroj a zároveň rotuje obrobek proti směru otáček nástroje. To umožňují speciální hlubokovrtací stroje. Většinou však rotuje pouze obrobek, nebo nástroj, přičemž lepších výsledků se dosahuje při rotaci obrobku. Při rotaci obrobku se eliminuje vychýlení nástroje z osy. Zcela zásadní vliv na výsledek má přesnost průměru vrtacího pouzdra či pilotního otvoru, souosost obrobku a soustavy: obrobek – vrtací pouzdro – nástroj – opěry nástroje – včetně. Všeobecně platí požadavek na souosost obrobek – nástroj – stroj do 0,02 mm. Dále má vliv délka vrtací hlavice, její kuželovitost, provedení vodítek, vyrovnaní nástroje (házivost), opotřebení nástroje, tlak a kvalita chladicí kapaliny, druh a homogenita materiálu obrobku, řezné parametry.

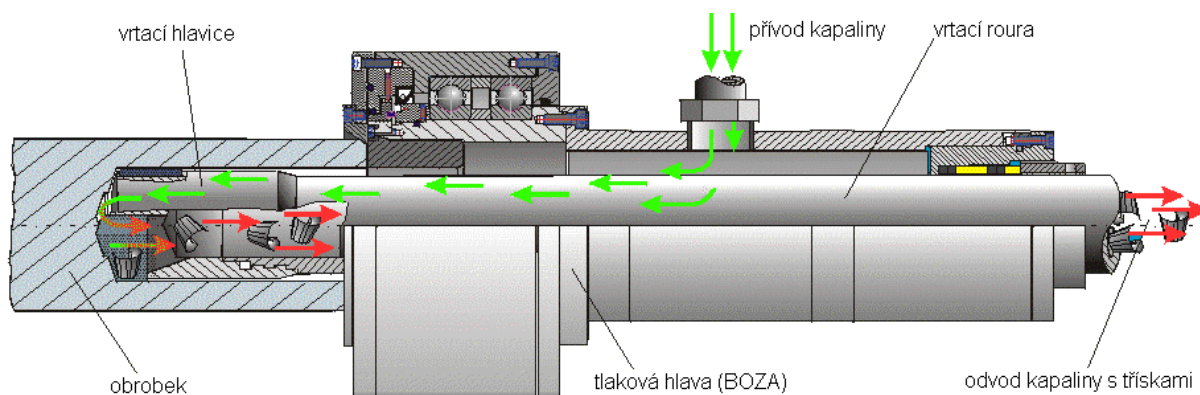
Na přímot otvoru má vliv prohnutí vrtací roury nástroje v důsledku namáhání na vzpěr. Proto je nutné velmi dlouhé nástroje podepírat opěrami.

## 4 Jiné možnosti vrtání

### 4.1 Metoda BTA

Metoda BTA, někdy také nazývaná STS (Single Tube System), má opačný systém výplachu, než se používá u dělového vrtání: vnější výplach a vnitřní odvod třísek. Vrtací hlavice je namontovaná na hladké leštěné rouře. Chladicí a mazací kapalina je přiváděna kolem nástroje v prostoru mezi vrtací rourou a vyvrtaným otvorem k řezné hraně, kterou obtéká a spolu s třískami odtéká vnitřním prostorem nástroje a vrtací roury. Pro vhánění kapaliny do prostoru mezi stěnou vrtaného otvoru a nástrojem slouží tlaková hlava, někdy též

označovaná BOZA (**B**o**h**r-**ö**l-**z**ufü**h**rungs-**a**par**a**t). BTA je ze svého principu použitelné pouze na speciálních hlubokovrtacích strojích, které jsou k tomu určené.

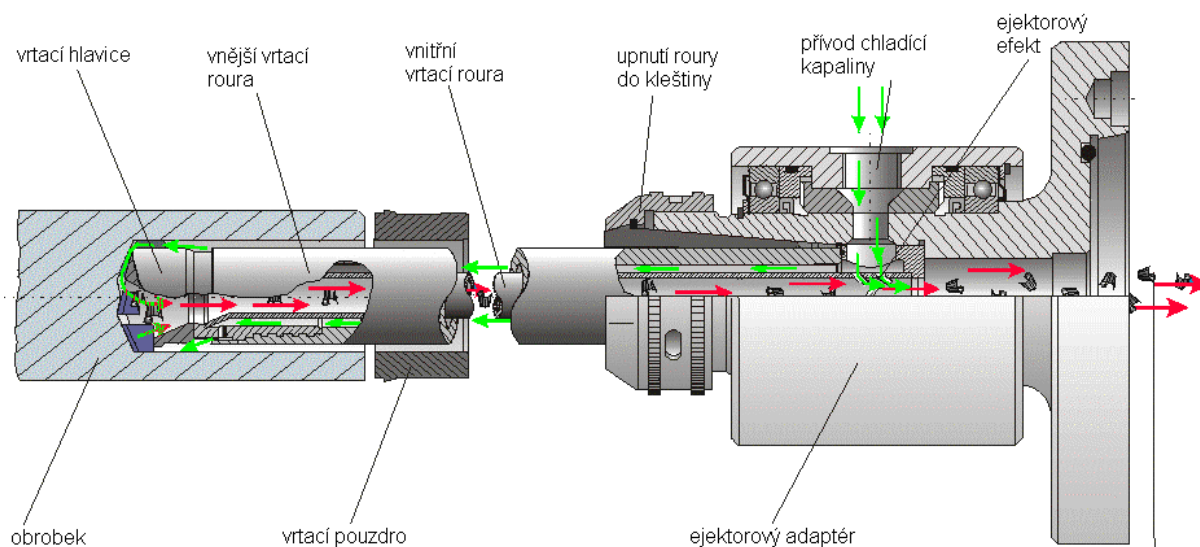


**Obr. 4-1 Princip vrtání BTA [6]**

BTA nástroje se používají od průměrů kolem 10 mm, maximální průměr je omezen jen schopnostmi strojů. Stroje se schopností obrábět průměry větší než 500 mm jsou vzácné. Systém umožňuje dosáhnout extrémních hloubek i kolem  $250 \times D$ , takže existují stroje, které umožňují vrtat otvory více než 20 m hluboké.

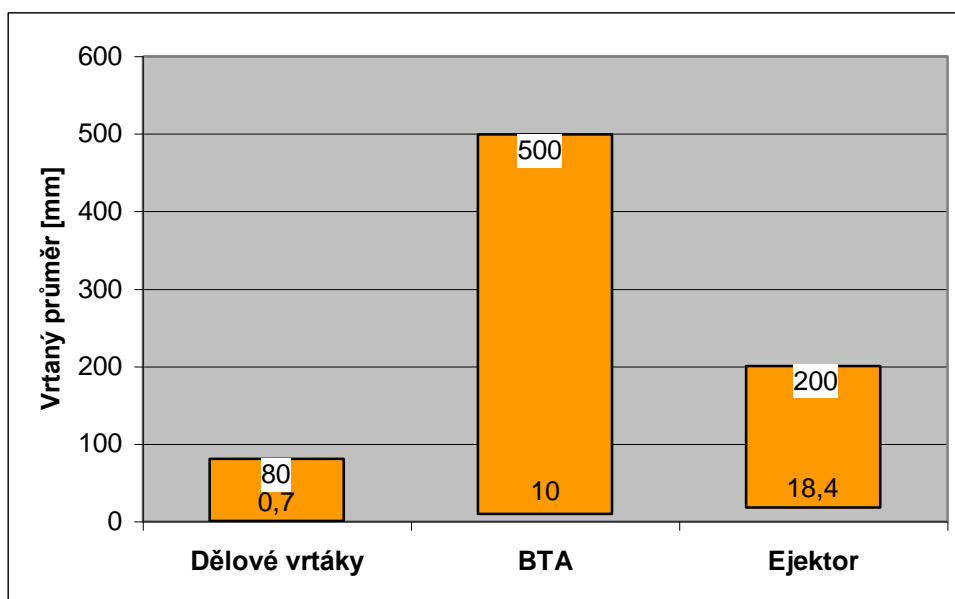
## 4.2 Ejektorový systém

Je to rovněž systém s vnějším přívodem a vnitřním odvodem třísek, ale na rozdíl od BTA potřebuje dvě roury. Kapalina se přivádí prostorem mezi vnitřní a vnější rourou a spolu s třískami odchází vnitřní rourou. Důležité je, aby menší část kapaliny z prostoru mezi vnější a vnitřní rourou protékala malými měšičkovými otvory do vnitřní roury směrem od nástroje ke vřetenu a tím vytvářela v přední části vnitřní roury podtlak. Tento podtlak pak způsobí, že kapalina, která doteče mezi vnější a vnitřní rourou do vrtací hlavice a odtud bočními otvory ven z hlavice, je nasávána přes břit do vnitřní roury a odnáší s sebou vznikající třísky. Vznik podtlaku a nasávání oleje z prostoru řezné hrany do vnitřní roury se nazývá ejektorový efekt a je doprovázen charakteristickým zvukem připomínajícím srkání. Ejektorový způsob je na rozdíl od BTA uzavřeným systémem, který nepotřebuje utěsnění mezi nástrojem a obrobkem a nevyžaduje tudíž použití speciálních hlubokovrtacích strojů. Při použití ejektorového adaptéru je použitelný na běžných strojích jako jsou obráběcí centra a soustruhy. Systém je omezen pro maximální hloubku kolem  $80 \times D$  a průměry od 18 do 200 mm.



**Obr. 4-2 Princip vrtání ejektorovým způsobem [6]**

### 4.3 Rozsah průměrů pro jednotlivé typy vrtání



Obr. 4-3 Rozsahy průměrů pro jednotlivé typy [8]

### 4.4 Vrták DR-Twist

Nástroj je opatřen středovou a obvodovou destičkou. Toto uspořádání nám umožňuje vyosením nástroje vyvrtat otvor o jiném průměru, než je jmenovitý rozměr vrtáků. Rozsah je závislý na průměru vrtáku. Pro univerzální využití (zejména na soustruhu) můžeme využít DR vrtáky označené písmeny MF ( MultiFunction ). Tento typ nástroje (Obr. 4-4) můžeme využít nejen pro samotné vrtání, ale také pro soustružnické operace, můžeme ho používat jako soustružnický nůž. Dokáže otvor vyvrtat, vytočit na větší průměr, přetočit venkovní průměr a zarovnat čelo. Nevýhodou tohoto vrtáku je, že nedosahuje dobré opracování a mění vrtaný průměr v závislosti na posuvu i o několik desetin mm. Je tedy vhodný pro hrubování otvoru.



Obr. 4-4 Vrtáky DR – Twist [10]

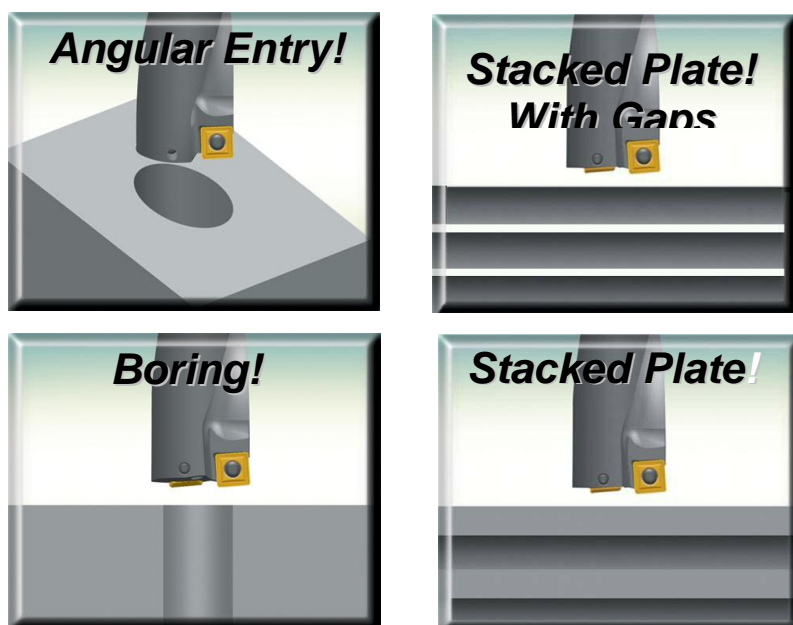
Tento typ také velice dobře zvládne převrtání předlitého otvoru, což můžeme ocenit zejména u předlitých otvorů. Nemá problém ani u křížení otvorů.

Nové DR vrtáky byly navrženy s kroucenými chladicími otvory, umožňujícími průchod chladicí kapaliny přímo na nejexponovanější vrtací části, a při tom neztenčuje jádro vrtáku. Nový design umožňuje nepřetržitý a snadný odvod třísek. Těla DR vrtáků jsou vyrobena z oceli H13 s tvrdostí povrchu až 55 HRC a jsou opatřena niklovým povlakem HARD TOUCH, který zajišťuje vynikající odolnost vůči opotřebení a výrazně snižuje součinitel tření pro lepší odvod třísek.

Také má velkou výhodu při zavedení do řezu

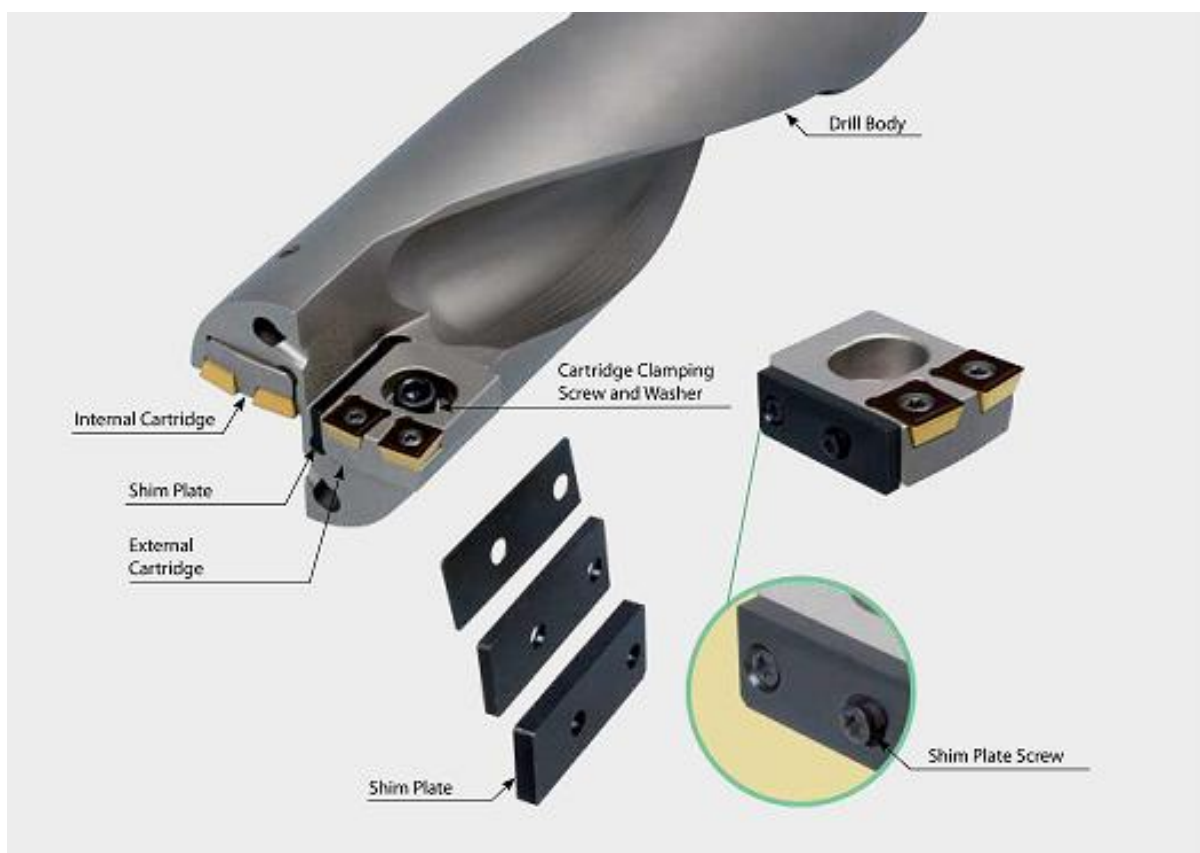
Obr. 4-5). Můžeme vrtat do šikmé plochy, a to až do náklonu o úhlu 20°. Vrták může být využit i pro vrtání sendvičových materiálů

Obr. 4-5). Musí však být opatřen speciálními VBD. Standardní destičky mají břit orientován téměř vodorovně s vrtaným povrchem a při průchodu z jedné vrstvy do druhé může vytlačena „poklička“ zabránit vstupu do druhé vrstvy a tím zapříčinit destrukci břitu, případně nástroje. Speciální destička musí do vrtaného povrchu vnikat pod úhlem a při průjezdu z jedné vrstvy do druhé pak nevzniká zmíněná poklička.



Obr. 4-5 Možnosti vrtání s vrtáky DR [10]

Dalším typem této řady je vrták se stavitelným rozsahem průměrů Obr. 4-6. Umožňuje vrtat otvory až do průměru 80 mm. Nastavení rozměru se provádí vložením distančních podložek po kazety s destičkami.



Obr. 4-6 Vrták se stavitelným rozsahem průměrů [10]

Pro hluboké vrtání byl zkonstruován vrták DR-DH viz Obr. 4-7. Jde o vrták pro obrábění průměru od 25.4 do 69.5 mm a v délkách 7xD. Nástroje je opatřen vodítky a umožňuje velmi přesné a kvalitní obrobení otvorů v přesnostech IT10, s kruhovitostí 0.05 – 0.08 mm a drsností dosahovaných povrchů 0.6 – 2.0 Ra.



Obr. 4-7 Vrták DR-DH [10]



## 4.5 Vrták ChamdrillJet

Do jediného tělesa vrtáku viz Obr. 4-8 mohou být upnuty čtyři různé typy vrtacích hlavic uzpůsobených pro použití na čtyřech různých materiálových skupinách (ocel, nerez, litina a slitiny hliníku). Každé těleso vrtáku je schopno upnout 10 standardních vrtacích hlavic v rozsahu průměrů odstupňovaných po 0.1 mm. Přitom výměna korunky je záležitostí několika vteřin a odpadá nutnost nástroj po záměně korunky délkově seřizovat či odměřovat.



Obr. 4-8 Vrtáky ChamdrillJet [10]

Vrták SumoCham viz Obr. 4-9 je novějším vrtákem tohoto typu. Jsou vyráběny v délkách 1.5xD, 3xD, 5xD a 8xD. Nově tvarovaný bajonetový upínací systém zaručuje velmi pevné a přesné upnutí vrt. korunky. Standardně je dosahováno přesností otvoru do 0.05 mm.



Obr. 4-9 Vrták SumoCham [10]

## 4.6 Vrtací výstružníky

Firma Iscar dodává celokarbidové vrtací výstružníky s přímými břity viz Obr. 4-11a rozsahem vrtaných otvorů 3 – 20 mm. Délková provedení jsou 3 x D a 5 x D. Nástroj je vybaven dvěma primárními břity, které zajišťují vrtání a stružení. Dále dvěma vodícími fasetkami viz Obr. 4-10.



Obr. 4-10 Vrtací výstružník [10]

Vrtáky jsou opatřené otvory pro průchod chladicího média přímo do místa vrtání (stružení), odkud odvádí teplo a zároveň zajišťuje mazání v místě kontaktu vodících fasetek s obráběným průměrem.

U otvoru dosahujeme dle obráběného materiálu drsností povrchů od Ra 1 do Ra 1.6 a přesností v IT7 tolerančního pole. Standardně jsou dodávány nástroje v přesnostech H7.

Základní provedení je vybaveno geometrií označené písmenem „K“, sloužící k obrábění feritických materiálů, s velmi dobrými výsledky i při vrtání do tvrdších slitin hliníku. Pro měkké slitiny Iscar vyrábí speciální vrtací výstružníky s geometrií, označené písmenem „N“.



Obr. 4-11 Vrtací výstružník [10]

Pro dosažení optimálního výsledku je třeba zajistit pevné a velmi přesné upnutí, kde by měla být zajištěna házivost nástroje maximálně v jednotkách tisícín mm.

## 4.7 Vhodný vrták pro výrobu naší součásti

Pro naši součást, podle možností a dosahujících parametrů z představených nástrojů v předešlé kapitole, by byl vyhovující pro vrtání otvoru o průměru 20,7 vrták typu SumoCham. Určitě by také zvládnul obrobít náš otvor v potřebné kvalitě vrták s názvem „Vrtací výstružník“, který je pro tuto operaci zbytečně přesný. Vrták typu „DR“ je zase naopak málo přesný a nedosáhli bychom s ním potřebné tolerance. Vrták typu „DH“ by měl tuto operaci dle katalogových předpokladů také zvládnout. Bylo by potřeba ho vyzkoušet v praxi.

## 4.8 Vrtání hlubokých otvorů celokarbidovými vrtáky

Pro hluboké vrtání malých otvorů, které bylo třeba vyvrtat do větších hloubek se dříve výhradně používaly vrtáky HSS, samozřejmě tam, kde se nedalo, nebo nevyplatilo použít dělové vrtání. Obecně platí, že čím hlubší tím složitější je vrtací operace. Celokarbidové vrtáky byly dostupné v délce maximálně 5xD. Nyní jsou již běžně k dispozici vrtáky o délkách 8xD, 12xD, 16xD, 20xD, 30xD a dokonce již 70xD viz Obr. 4-12.

### Alpha®4 XD70: Solid carbide deep hole drills for extreme drilling depth



Obr. 4-12 Monolitní vrtáky XD [11]

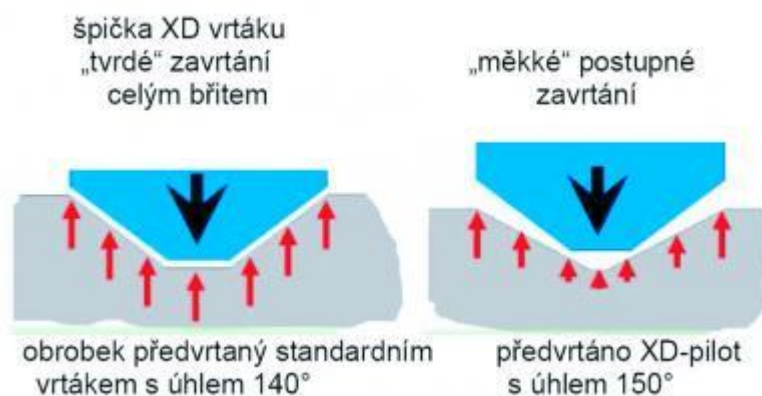
### 4.8.1 Hluboké vrtání technologií XD [7]

Právě na oblast hlubokého vrtání se firma Titex zaměřila při vývoji konstrukce svých vrtáků - monolitních šroubovitých vrtáků ze slinutého karbidu s kanály pro vnitřní chlazení. Výsledkem jsou vrtáky patentované konstrukce XD. V roce 2003 uvádí firma Titex na trh vrtáky pro vrtání hlubokých děr v délkách 8xD a o půl roku později vrták v délce tehdy oslnivých 12xD. Tyto vrtáky umožňovaly produktivní vrtání bez přerušení posuvu a často bořily zažité zvyklosti vrtání s cyklováním, tedy vyjížděním či přerušováním posuvu. Dalším mezníkem byl rok 2005 a veletrh EMO v Hannoveru, kde firma Titex poprvé představila technologii XD.

### 4.8.2 Tlak kapaliny pro technologie XD [7]

Vrtáky XD je možné použít pro většinu obráběných materiálů a jsou nenáročné na druh a tlak kapaliny. Transport třísky při vrtání totiž zajišťuje šroubovice, je možné vrtání za sucha nebo s minimálním chlazením olejovou mlhou. Při bezproblémovém transportu třísky by průběh krouticího momentu a zatížení vřetena měl být plynulý a bez výkyvů. Nástroj by měl fungovat na zcela běžných obráběcích centrech; doporučený tlak je tedy 10 až 15 barů, neměl by však přesahovat 30 barů.





Obr. 4-13 Tvrdé a měkké zavrtání [7]

### 4.8.3 Konstrukce nástroje [7]

Základní geometrie vrtáku vychází z osvědčené geometrie používané u krátkých vrtáků, tedy dvoubřitých šroubovitých vrtáků s vrcholovým úhlem 140°. Technologie XD má navíc speciální design drážek, čtyři fazetky pro dobrou stabilitu a vedení nástroje. Povlakovaná je pouze špička nástroje v délce 1,5xd, drážky nástroje zůstávají z důvodu co nejlepšího odvodu třísky z díry hladce vybroušeny a bez povlaku viz Obr. 4-14.



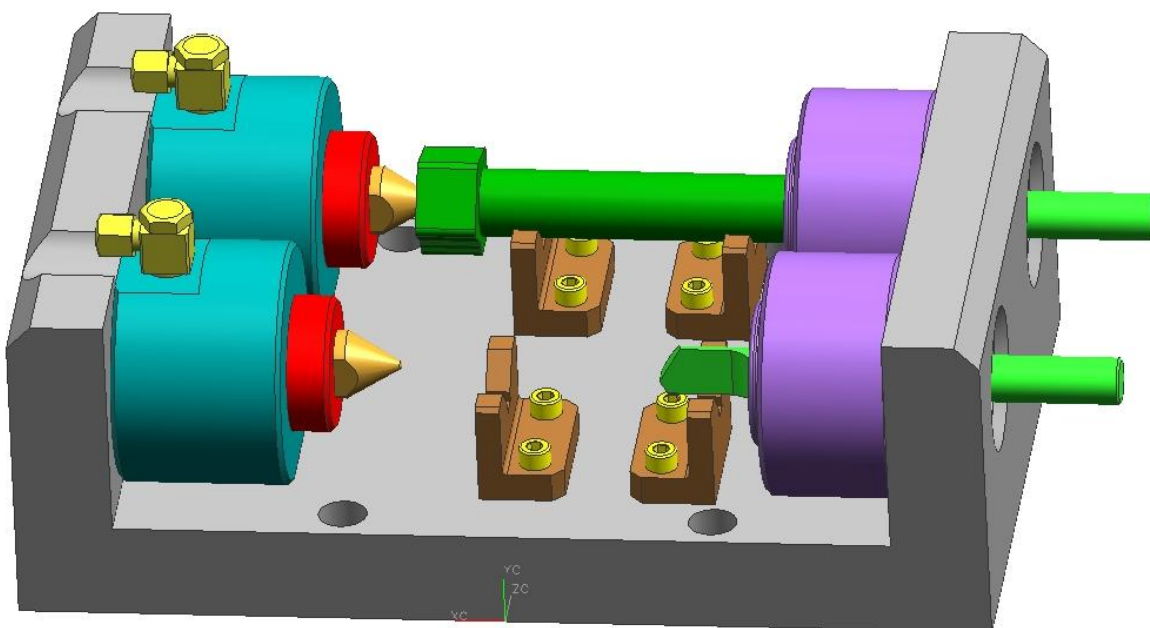
Obr. 4-14 Povlak na vrtáku XD [11]

### 4.8.4 Vrtací strategie [7]

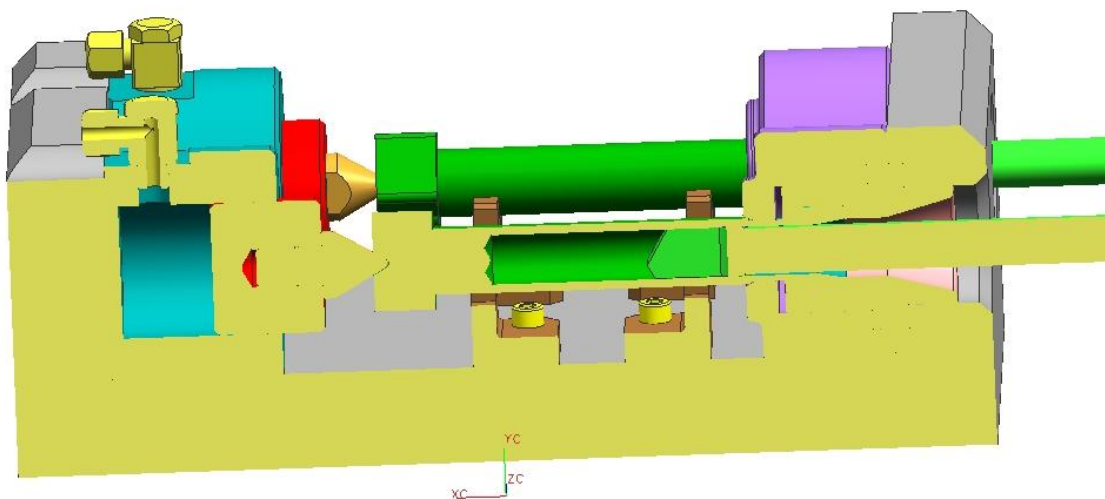
U vrtáků o délce 16xd a delších je naprosto nutné zvládnout kritický okamžik vstupu nástroje do materiálu - zavrtání, které je rozhodující pro úspěšnost celého vrtacího procesu. Proto je vhodné použít nástroje přímo k tomu určené, vrtáky XD-pilot pro vrtání pilotních děr. Ty mají vrcholový úhel 150°, který je oproti běžnému krátkému vrtáku s úhlem 140° vhodnější, průměr nástroje s větší tolerancí a geometrii optimalizovanou pro zavrtávání a přípravu pilotní díry pro dlouhý vrták. Druhou fází je vrtání dlouhým vrtákem do připravené pilotní díry. Důležité pro úspěšné zavrtání je snížit otáčky, nebo úplně zastavit nástroj, když je mimo otvor. Toto je důležité z hlediska jeho možného zničení z důvodů odstředivého zrychlení. Také je nutno vypnout chladicí kapalinu. Zavrtání probíhá za redukováných hodnot doporučených pracovních řezných rychlostí a posuvů. Pro zavrtání do hloubky 1xd až 2xd se používá 1/4 až 1/2 hodnoty doporučené řezné rychlosti a posuvu na otáčku v závislosti na povaze obráběného materiálu. Po dosažení hloubky vrtání 1xd až 2xd se řezná rychlost a posuv plynule zvýší na 100 % doporučených hodnot. Po vyvrtání díry je třeba snížit otáčky nástroje na cca 1/2, nebo nástroj úplně zastavit a následně odjet z díry.

## 5 Konstrukce upínacího přípravku pro zvolenou součást

Kus je upnut ve dvojnásobném přípravku (Obr. 5-1). Schéma upnutí je nakreslen v CAD NX6. Pro správné upnutí je důležité, aby byla zajištěna správná poloha kusu vůči nástroji. To znamená, aby kus i nástroj byly v jedné ose. Na jedné straně je obrobek nastředěn pomocí středícího důlku a středícího trnu. Na straně druhé je obrobek nastředěn pomocí vnějšího průměru a dosedá na čelo vnitřního pouzdra, které zároveň navádí dělový vrták (Obr. 5-2). Tím je zajištěna potřebná souosost. Pro snadnější upnutí jsou použity vidlice, které přibližně ustaví kus do polohy. Poté je kus hydraulicky upnut mezi středící čep a upínací pouzdro.



Obr. 5-1 Schéma upínacího přípravku



Obr. 5-2 Přípravek-řez

## 6 Výběr vhodné varianty

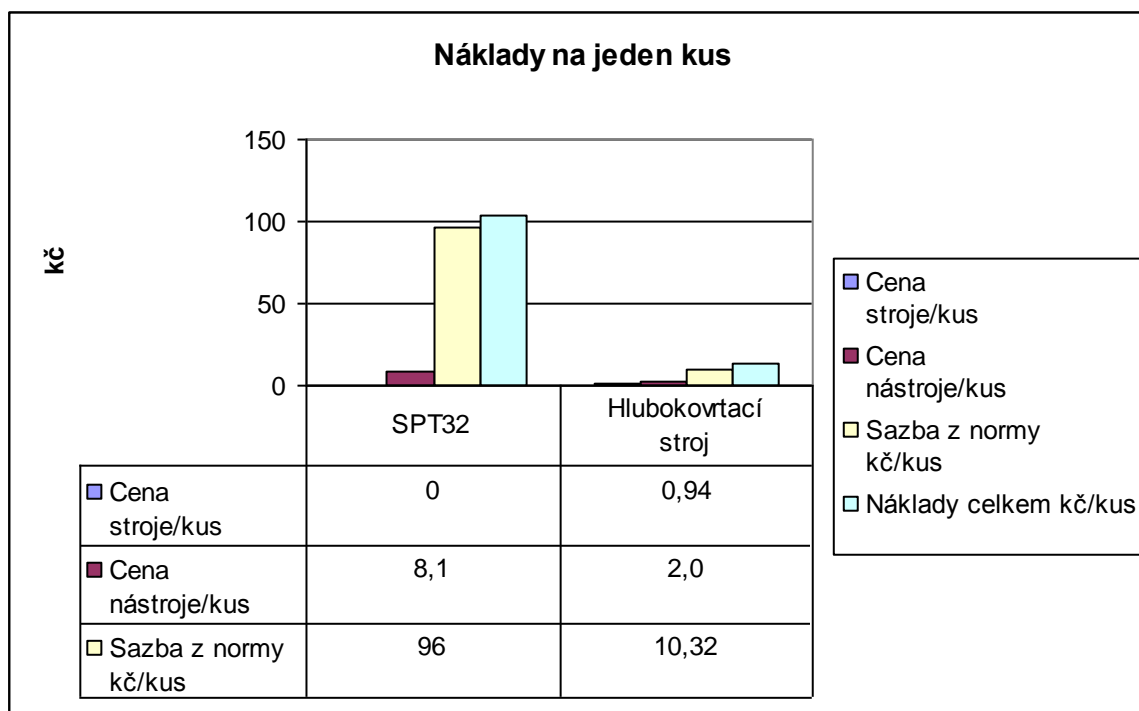
### 6.1 Rozhodovací faktory

#### Vstupní hodnoty

	Cena stroje v Kč	Počet strojů	Návratnost investic	Počet ks/mes	Počet ks/rok	Sazba Kč/h	TK	Cena nástroje v Kč	trvanlivost nástroje
SPT32	0	30	3	80 000	960 000	12	8	1300	160
Hlubokovrtací stroj	900 000	3				12	0,86	373	190

#### Náklady na jeden kus

	Cena stroje/kus	Cena nástroje/kus	Sazba z normy Kč/kus	Náklady celkem Kč/kus
SPT32	0	8,1	96	96,8
Hlubokovrtací stroj	0,94	2,0	10,32	13,2



Důležitým krokem při výběru bylo si uvědomit, jak byla tato operace hlubokého vrtání časově náročná (popsáno již v kapitole 2.2.2). Bylo důležité také zvážit možnost použití různých nástrojů, které ovšem ke správnému použití potřebují také stroj, který zajistí potřebné podmínky pro jeho správné fungování. Pro použití nástrojů, které jsou popsány v kapitole 4 „Jiné možnosti vrtání“, je téměř vždy nutné použít drahý obráběcí stroj. Jako nejvhodnější variantu vrtání byl vybrán dělový vrták. Jestliže vrtat nástrojem určeným pro hluboké vrtání, tak proč nezvolit hlubokovrtací stroj. Tento způsob vrtání vyžaduje speciální stroj s tlakem chladicí kapaliny cca 50-80 barů. Tento stroj byl relativně levný. Pro tento průměr nástroje byl od dodavatele doporučen tlak 65 barů. Stroj vyrobila firma ČZ Strakonice strojírna s.r.o.,

kteřá postavila stroj vhodný na naši součást podle zadaných (potřebných) podmínek, které byly upřesněny zástupci společnosti Winter, zastupující firmu Botek. Tyto firmy jsou v tomto oboru známé a mají nejen dlouhodobé zkušenosti, ale také výborné výsledky.

## 6.2 Konečná varianta vrtání otvoru D20,5+0,3

Vybraný hlubokovrtací stroj:

Označení: AJN 75 Px2-1A

Výrobce: ČZ Strakonice strojírna s.r.o.

Nástroje od firmy Botek: Vrták: D20,7 Typ 01  
Destička: 01-2020-310-P40B SP1  
Vodítka: 01-2000-410-P20  
Podložka: 01-2060-610

Norma potřebná pro tuto klíčovou operaci při otáčkách  $S = 1300$  a posuvu  $F = 140\text{mm/min}$ . je celkově i s upnutím  $0,55$  min. (norma TK ve výrobním postupu). Upnutí po dvou kusech. Nástroje jsou v řezu čas  $t = 0,86$ min. viz výpočet.

$$t = \frac{s}{F_{\min}} = \frac{120}{140} = 0,86 \text{ min.} \quad s - \text{dráha}; F_{\min} - \text{posuv minutový};$$

$$F_{ot} = \frac{F_{\min}}{S} = \frac{140}{1300} = 0,108 \text{ mm/ot} \quad F_{ot} - \text{posuv na 1 otáčku}; S - \text{otáčky/min.}$$

$$v_c = \pi \cdot d \cdot S = \pi \cdot 20,7 \cdot 1300 = 84,5 \text{ m/min.}$$

## 7 Programy pro NC stroje

### 7.1 Program pro op.10: stroj Huyndai HIT8

Řídicí systém stroje: Sinumerik 840D

Stručný popis operace: soustružit D27,7+0,03/L=129,3+-0,05; D19;

Nástroje:

T1- Hrubovací nůž PLCNR 2020 K12 – destička CNMG 120408-WM 1025 Sandvig

T2- Dokončovací nůž DCLNR 2020 K12 – destička CNMG 120408-WM 1025 Sandvig

T3- Zapichovací nůž 0550,0 2020 – destička NS1-916643

T4- Příložka 2-103.158

Podrobnější informace viz operační návodky v příloze.

Vlastní program:

```
__/_Fend__/_F[PEd6633.MPF]__/_N5 M57  
DIAMON  
;PRETACENI PRUMERU  
N10 G18 G54 G90 G71 G95  
N15 LIMS=4000  
N20 G53 G0 X150 Z300 D0  
N25 T1 D1  
N30 M08  
N35 G96 S120 F0.18 M03  
MSG("FACE START")
```

N40 G90 G0 X31 Z0.5  
N45 G09 G1 X15.5  
N50 G0 Z2  
N55 X31  
MSG("FACE END")  
N60 G90 M09  
N65 M08  
N70 G96 S160 M03  
MSG("STK START")  
N75 G90 G0 X72 Z-128.5  
N80 X72 Z-128.5  
N85 G41  
N90 G1 X70 Z-129 F0.1  
N95 G1 X34 Z-129 F0.22  
N100 G40  
N105 G90 G0 X72 Z-128.5  
MSG("STK END")  
N110 G90 M09  
N115 G53 G0 X150 Z300 D0  
N120 T2 D1  
N125 M08  
N130 G96 S220 M03  
MSG("STK START")  
N135 G90 G0 X36 Z0.5  
N140 X36 Z-2  
N145 G41  
N150 G1 X34 Z-2.5 F0.23  
N155 G1 X27.82 Z-0.9  
N160 G1 X26.781 Z0  
N165 G1 X18 Z0 F0.2  
N170 G40  
N175 G90 G0 X36 Z0.5  
MSG("STK END")  
N180 G90 M09  
N185 M08  
N190 G96 S160 M03  
MSG("STK START")  
N195 G90 G0 X42 Z0.5  
N200 X29.39 Z0.5  
N205 G42  
N210 G1 X27.39 Z0 F0.23  
N215 G1 X27.64 Z-1.5 F0.22  
N220 G3 X28.04 Z-129.3 CR=280000 F0.2  
N225 G1 X40 Z-124 F0.5  
N230 G40  
N235 G90 G0 X42 Z0.5  
MSG("STK END")  
N240 G90 M09  
N245 M08  
N250 G96 S280 M03  
MSG("MAN CODE START")

X70. Z-129.3 M8  
G1 X28.04 F0.23  
Z-128.6  
G0 X40 Z-125  
MSG("MAN CODE END")  
N255 G90 M09  
N260 G53 G0 X150 Z300 D0  
N265 T3 D1  
N270 M08  
N275 G96 S50 M03  
MSG("MAN CODE START")  
G0 X65. Z1 F0.04M8  
X16.8 Z0.5  
G1 Z-0.8F0.02  
G0Z0.5 M9  
X60  
MSG("MAN CODE END")  
N280 G90 M09  
N285 G53 G0 X150 Z300 D0  
N290 M08  
MSG("MAN CODE START")  
T4D1  
G95S200  
G0X50.5 Z-40  
SPOS=245  
M5  
M56  
M30  
MSG("MAN CODE END")  
N295 G90 M09  
N300 M5  
N305 G53 G0 X150 Z300 D0  
N310 M05  
N315 M30

## 7.2 Nastavení řezných parametrů pro hlubokovrtací stroj op.20:

U tohoto jednoúčelového stroje se neprogramuje klasickým způsobem, jak známe z programování CNC strojů. Na tomto stroji se nastaví parametry P0-P6.

P0 – 10 rychlost navrtání (x 0,01 mm/ot) = 0,1 mm/ot

P1 – 5 doba navrtání (s) = 5 s

P2 – 11 rychlost vrtání (x 0,01 mm/ot) = 0,11 mm/ot

P3 – 0 prodleva v přední poloze (s) = 0 s

P4 – 250 rychlost posuvu vzad (x 0,01 mm/ot) = posuv zpět maximální rychlostí

P5 – 250 měření kroutícího momentu

P6 – 20 počet cyklů mezi mazáním 20

Další nastavení se provádí na ventilech pro kontrolu minimálního a maximálního tlaku. Při nedodržení těchto tlaků se přeruší cyklus.

## 7.3 Program pro op.30: stroj MCV1000

Řídící systém stroje: Heidenhain TNC 425

Stručný popis operace: zhotovit příčný otvor D14+0,05/D10,92+0,25/D6,25+0,1

Zhotovil: Čížek Pavel

Nástroje:

TOOL CALL 6 ; vrtak průměr 13,5 TK!

TOOL CALL 5 ; vrtak průměr 10,8

TOOL CALL 12 ; vrtak průměr 5,7 GOLD DRILL

TOOL CALL 14 ; VYPLACH H8 vrt. průměr 6,3

TOOL CALL 13 ; freza průměr 6,3 TK!

TOOL CALL 15 ; kombinovaný nástroj průměr 11/14 TK!

Podrobnější informace viz operační návody v příloze.

Stručný popis stavby programu:

- 1) Přípravek byl zkonstruován pro upnutí 20 kusů, proto i tento program je zhotoven pro tento počet s různými tzv. vypínači kusů.
- 2) Hlavní program: PGM 916633-1 MM
  - v tomto programu jsou nadefinovány zapnuté a vypnuté obráběné kusy Q1-Q20
  - Q41 a Q42 slouží k zapnutí počtu kusů od - do
  - jsou nadefinovány nástroje a jejich programy
- 3) Program (podprogram): PGM PRIPRAVEK-1 MM
  - v tomto programu jsou nadefinovány polohy (nulové body) jednotlivých kusů (otvorů)
  - vykonává jednotlivé cykly
- 4) Program (podprogram): PGM AA1 MM
  - podprogram pro vrták D 13,5
- 5) Program (podprogram): PGM AA2 MM
  - podprogram pro vrták D 10,8
- 6) Program (podprogram): PGM AA3 MM
  - podprogram pro vrták D 5,7
- 7) Program (podprogram): PGM AA4 MM
  - podprogram pro frézu D6,3
- 8) Program (podprogram): PGM AA5 MM
  - podprogram pro kombinovaný nástroj D 13,5
- 9) Program (podprogram): PGM CC60 MM
  - podprogram pro výplach vrtákem D 6,2

Vlastní program:

```
0 BEGIN PGM 916633-1 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X+90 Y+130 Z-350
2 BLK FORM 0.2 IX+600 IY+320 IZ+40
3 LBL 1
4 FN 0: Q41 = +11 ; první kus
5 FN 0: Q42 = +20 ; poslední kus
6 FN 0: Q1 = +1
```

```
7 FN 0: Q2 = +1
8 FN 0: Q3 = +1
9 FN 0: Q4 = +1
10 FN 0: Q5 = +1
11 FN 0: Q6 = +1
12 FN 0: Q7 = +1
13 FN 0: Q8 = +1
14 FN 0: Q9 = +1
15 FN 0: Q10 = +0
16 FN 0: Q11 = +1
17 FN 0: Q12 = +1
18 FN 0: Q13 = +1
19 FN 0: Q14 = +1
20 FN 0: Q15 = +1
21 FN 0: Q16 = +1
22 FN 0: Q17 = +1
23 FN 0: Q18 = +1
24 FN 0: Q19 = +1
25 FN 0: Q20 = +1
26 FN 0: Q31 = +13,03
27 FN 0: Q32 = -13,03
28 LBL 0
29 ; #####
30 TOOL CALL 6 Z S3000 ; vrtak prumer 13,5 TK!
31 M6
32 CALL LBL 1
33 M13
34 CYCL DEF 12.0 PGM CALL
35 CYCL DEF 12.1 PGM AA1
36 CALL LBL 55
37 M1
38 ; #####
39 TOOL CALL 5 Z S3000 ; vrtak 10,8
40 M6
41 CALL LBL 1
42 M13
43 CYCL DEF 12.0 PGM CALL
44 CYCL DEF 12.1 PGM AA2
45 CALL LBL 55
46 M1
47 ; #####
48 LBL 66
49 TOOL CALL 12 Z S1500 ; vrtak 5,7
50 M6
51 CALL LBL 1
52 M13
53 CYCL DEF 12.0 PGM CALL
54 CYCL DEF 12.1 PGM AA3
55 CALL LBL 55
56 M1 ; vyfoukat spony!
57 ; #####
```



```
58 TOOL CALL 14 Z S5000 ; VYPLACH H8-vrt. prumer 6,2
59 M6
60 CALL LBL 1
61 M3
62 CYCL DEF 12.0 PGM CALL
63 CYCL DEF 12.1 PGM CC60
64 CALL LBL 55
65 M1 ; vyfoukat spony!
66 ; #####
67 TOOL CALL 13 Z S1200 ; freza prumer 6,3 TK!
68 M6
69 CALL LBL 1
70 M13
71 CYCL DEF 12.0 PGM CALL
72 CYCL DEF 12.1 PGM AA4
73 CALL LBL 55
74 M1
75 ; #####
76 TOOL CALL 14 Z S5000 ; VYPLACH H8
77 M6
78 CALL LBL 1
79 M3
80 CYCL DEF 12.0 PGM CALL
81 CYCL DEF 12.1 PGM CC60
82 CALL LBL 55
83 M1 ; vyfoukat spony!
84 ; #####
85 TOOL CALL 15 Z S800 ; kombinovany nastroj prumer 11/14 TK!
86 M6
87 CALL LBL 1
88 M13
89 CYCL DEF 12.0 PGM CALL
90 CYCL DEF 12.1 PGM AA5
91 CALL LBL 55
92 M1
93 CALL LBL 254
94 ; #####
95 LBL 55
96 CALL PGM PRIPRAVEK-1
97 L Z-113,35 F MAX M92
98 LBL 0
99 ; #####
100 LBL 254
101 M23
102 TOOL CALL 6 Z S0
103 M6
104 L X+116 Y+450 R0 F MAX M92
105 M25
106 END PGM 916633-1 MM

0 BEGIN PGM PRIPRAVEK-1 MM
```

```
1 LBL 1
2 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
3 CYCL DEF 7.1 X+122,98
4 CYCL DEF 7.2 Y+150,89
5 CYCL DEF 7.3 Z+16,5
6 LBL 0
7 FN 9: IF +Q41 EQU +20 GOTO LBL 20
8 FN 9: IF +Q41 EQU +19 GOTO LBL 19
9 FN 9: IF +Q41 EQU +18 GOTO LBL 18
10 FN 9: IF +Q41 EQU +17 GOTO LBL 17
11 FN 9: IF +Q41 EQU +16 GOTO LBL 16
12 FN 9: IF +Q41 EQU +15 GOTO LBL 15
13 FN 9: IF +Q41 EQU +14 GOTO LBL 14
14 FN 9: IF +Q41 EQU +13 GOTO LBL 13
15 FN 9: IF +Q41 EQU +12 GOTO LBL 12
16 FN 9: IF +Q41 EQU +11 GOTO LBL 11
17 FN 9: IF +Q41 EQU +10 GOTO LBL 10
18 FN 9: IF +Q41 EQU +9 GOTO LBL 9
19 FN 9: IF +Q41 EQU +8 GOTO LBL 8
20 FN 9: IF +Q41 EQU +7 GOTO LBL 7
21 FN 9: IF +Q41 EQU +6 GOTO LBL 6
22 FN 9: IF +Q41 EQU +5 GOTO LBL 5
23 FN 9: IF +Q41 EQU +4 GOTO LBL 4
24 FN 9: IF +Q41 EQU +3 GOTO LBL 3
25 FN 9: IF +Q41 EQU +2 GOTO LBL 2
26 ; #####
27 FN 10: IF +Q1 NE +1 GOTO LBL 2
28 L X+Q31 Y-9,16 R0 F MAX
29 CYCL CALL
30 ; #####
31 LBL 2
32 FN 12: IF +Q42 LT +2 GOTO LBL 21
33 FN 10: IF +Q2 NE +1 GOTO LBL 3
34 CALL LBL 1
35 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
36 CYCL DEF 7.1 IX+50,02
37 CYCL DEF 7.2 IY-0,01
38 CYCL DEF 7.3 IZ+0,03
39 L X+Q31 Y-9,16 R0 F MAX
40 CYCL CALL
41 ; #####
42 LBL 3
43 FN 12: IF +Q42 LT +3 GOTO LBL 21
44 FN 10: IF +Q3 NE +1 GOTO LBL 4
45 CALL LBL 1
46 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
47 CYCL DEF 7.1 IX+100,1
48 CYCL DEF 7.2 IY+0
49 CYCL DEF 7.3 IZ+0,03
50 L X+Q31 Y-9,16 R0 F MAX
51 CYCL CALL
```

```
52 ; #####
53 LBL 4
54 FN 12: IF +Q42 LT +4 GOTO LBL 21
55 FN 10: IF +Q4 NE +1 GOTO LBL 5
56 CALL LBL 1
57 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
58 CYCL DEF 7.1 IX+150,18
59 CYCL DEF 7.2 IY+0
60 CYCL DEF 7.3 IZ+0,03
61 L X+Q31 Y-9,16 R0 F MAX
62 CYCL CALL
63 ; #####
64 LBL 5
65 FN 12: IF +Q42 LT +5 GOTO LBL 21
66 FN 10: IF +Q5 NE +1 GOTO LBL 6
67 CALL LBL 1
68 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
69 CYCL DEF 7.1 IX+200,21
70 CYCL DEF 7.2 IY-0,01
71 CYCL DEF 7.3 IZ+0,04
72 L X+Q31 Y-9,16 R0 F MAX
73 CYCL CALL
74 ; #####
75 LBL 6
76 FN 12: IF +Q42 LT +6 GOTO LBL 21
77 FN 10: IF +Q6 NE +1 GOTO LBL 7
78 CALL LBL 1
79 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
80 CYCL DEF 7.1 IX+250,27
81 CYCL DEF 7.2 IY+0
82 CYCL DEF 7.3 IZ+0,06
83 L X+Q31 Y-9,16 R0 F MAX
84 CYCL CALL
85 ; #####
86 LBL 7
87 FN 12: IF +Q42 LT +7 GOTO LBL 21
88 FN 10: IF +Q7 NE +1 GOTO LBL 8
89 CALL LBL 1
90 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
91 CYCL DEF 7.1 IX+300,35
92 CYCL DEF 7.2 IY+0
93 CYCL DEF 7.3 IZ+0,02
94 L X+Q31 Y-9,16 R0 F MAX
95 CYCL CALL
96 ; #####
97 LBL 8
98 FN 12: IF +Q42 LT +8 GOTO LBL 21
99 FN 10: IF +Q8 NE +1 GOTO LBL 9
100 CALL LBL 1
101 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
102 CYCL DEF 7.1 IX+350,44
```

```
103 CYCL DEF 7.2 IY+0
104 CYCL DEF 7.3 IZ+0,02
105 L X+Q31 Y-9,16 R0 F MAX
106 CYCL CALL
107 ; #####
108 LBL 9
109 FN 12: IF +Q42 LT +9 GOTO LBL 21
110 FN 10: IF +Q9 NE +1 GOTO LBL 10
111 CALL LBL 1
112 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
113 CYCL DEF 7.1 IX+400,46
114 CYCL DEF 7.2 IY+0
115 CYCL DEF 7.3 IZ+0,02
116 L X+Q31 Y-9,16 R0 F MAX
117 CYCL CALL
118 ; #####
119 LBL 10
120 FN 12: IF +Q42 LT +10 GOTO LBL 21
121 FN 10: IF +Q10 NE +1 GOTO LBL 11
122 CALL LBL 1
123 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
124 CYCL DEF 7.1 IX+450,55
125 CYCL DEF 7.2 IY+0
126 CYCL DEF 7.3 IZ+0,01
127 L X+Q31 Y-9,16 R0 F MAX
128 CYCL CALL
129 ; #####
130 LBL 11
131 FN 12: IF +Q42 LT +11 GOTO LBL 21
132 FN 10: IF +Q11 NE +1 GOTO LBL 12
133 CALL LBL 1
134 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
135 CYCL DEF 7.1 IX+450,55
136 CYCL DEF 7.2 IY+260,28
137 CYCL DEF 7.3 IZ+0
138 L X+Q32 Y+9,16 R0 F MAX
139 CYCL CALL
140 ; #####
141 LBL 12
142 FN 12: IF +Q42 LT +12 GOTO LBL 21
143 FN 10: IF +Q12 NE +1 GOTO LBL 13
144 CALL LBL 1
145 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
146 CYCL DEF 7.1 IX+400,52
147 CYCL DEF 7.2 IY+260,28
148 CYCL DEF 7.3 IZ+0
149 L X+Q32 Y+9,16 R0 F MAX
150 CYCL CALL
151 ; #####
152 LBL 13
153 FN 12: IF +Q42 LT +13 GOTO LBL 21
```

```
154 FN 10: IF +Q13 NE +1 GOTO LBL 14
155 CALL LBL 1
156 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
157 CYCL DEF 7.1 IX+350,44
158 CYCL DEF 7.2 IY+260,26
159 CYCL DEF 7.3 IZ+0,01
160 L X+Q32 Y+9,16 R0 F MAX
161 CYCL CALL
162 ; #####
163 LBL 14
164 FN 12: IF +Q42 LT +14 GOTO LBL 21
165 FN 10: IF +Q14 NE +1 GOTO LBL 15
166 CALL LBL 1
167 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
168 CYCL DEF 7.1 IX+300,35
169 CYCL DEF 7.2 IY+260,28
170 CYCL DEF 7.3 IZ+0,02
171 L X+Q32 Y+9,16 R0 F MAX
172 CYCL CALL
173 ; #####
174 LBL 15
175 FN 12: IF +Q42 LT +15 GOTO LBL 21
176 FN 10: IF +Q15 NE +1 GOTO LBL 16
177 CALL LBL 1
178 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
179 CYCL DEF 7.1 IX+250,3
180 CYCL DEF 7.2 IY+260,28
181 CYCL DEF 7.3 IZ+0,02
182 L X+Q32 Y+9,16 R0 F MAX
183 CYCL CALL
184 ; #####
185 LBL 16
186 FN 12: IF +Q42 LT +16 GOTO LBL 21
187 FN 10: IF +Q16 NE +1 GOTO LBL 17
188 CALL LBL 1
189 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
190 CYCL DEF 7.1 IX+200,25
191 CYCL DEF 7.2 IY+260,26
192 CYCL DEF 7.3 IZ+0,03
193 L X+Q32 Y+9,16 R0 F MAX
194 CYCL CALL
195 ; #####
196 LBL 17
197 FN 12: IF +Q42 LT +17 GOTO LBL 21
198 FN 10: IF +Q17 NE +1 GOTO LBL 18
199 CALL LBL 1
200 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
201 CYCL DEF 7.1 IX+150,2
202 CYCL DEF 7.2 IY+260,27
203 CYCL DEF 7.3 IZ+0,03
204 L X+Q32 Y+9,16 R0 F MAX
```

```
205 CYCL CALL
206 ; #####
207 LBL 18
208 FN 12: IF +Q42 LT +18 GOTO LBL 21
209 FN 10: IF +Q18 NE +1 GOTO LBL 19
210 CALL LBL 1
211 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
212 CYCL DEF 7.1 IX+100,12
213 CYCL DEF 7.2 IY+260,28
214 CYCL DEF 7.3 IZ+0,03
215 L X+Q32 Y+9,16 R0 F MAX
216 CYCL CALL
217 ; #####
218 LBL 19
219 FN 12: IF +Q42 LT +19 GOTO LBL 21
220 FN 10: IF +Q19 NE +1 GOTO LBL 20
221 CALL LBL 1
222 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
223 CYCL DEF 7.1 IX+50,02
224 CYCL DEF 7.2 IY+260,29
225 CYCL DEF 7.3 IZ+0
226 L X+Q32 Y+9,16 R0 F MAX
227 CYCL CALL
228 ; #####
229 LBL 20
230 FN 12: IF +Q42 LT +20 GOTO LBL 21
231 FN 10: IF +Q20 NE +1 GOTO LBL 21
232 CALL LBL 1
233 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
234 CYCL DEF 7.1 IX+0
235 CYCL DEF 7.2 IY+260,3
236 CYCL DEF 7.3 IZ+0
237 L X+Q32 Y+9,16 R0 F MAX
238 CYCL CALL
239 ; #####
240 LBL 21
241 END PGM PRIPRAVEK-1 MM
```

```
0 BEGIN PGM AA1 MM
1 M7 ; vrtak prumer 13,5 TK!
2 TOOL CALL S3000
3 L Z+20 F MAX
4 L Z+7,7 F800
5 L Z+60 F MAX
6 END PGM AA1 MM
0 BEGIN PGM AA1 MM
1 M7 ; vrtak prumer 13,5 TK!
2 TOOL CALL S3000
3 L Z+20 F MAX
4 L Z+7,7 F800
5 L Z+60 F MAX
```

6 END PGM AA1 MM

0 BEGIN PGM AA3 MM

3 M7 ; vrtak 5,7 - GRANIT

27 TOOL CALL S1500

28 L Z+20 F MAX M7

29 L Z-1 F5000

30 L Z-5 F2000

31 L Z-9 F150

32 L Z-13 F75

33 L Z+10 F3000

36 L Z+60 F MAX

37 END PGM AA3 MM

0 BEGIN PGM AA4 MM

4 M7 ; freza prumer 6,3 TK!

5 TOOL CALL S3000

6 L Z+20 F MAX

7 L Z-3 F2000

8 L Z-14 F180

9 L Z-3 F2000

20 L Z+60 F MAX

21 END PGM AA4 MM

0 BEGIN PGM AA5 MM

4 M7 ; kombinovany nastroj 11/14 TK!

5 TOOL CALL S1200

6 L Z+20 F MAX

7 L Z+12 F2000

8 L Z+0 F180

9 L Z-3 F150

10 L Z-6,45 F70

22 L Z+60 F MAX

23 END PGM AA5 MM

0 BEGIN PGM CC60 MM

4 ; VYPLACH-SPON-VR.6.2

5 TOOL CALL S4000

6 L Z+30 F MAX M7

7 L Z-11,5 F10000

11 L Z+80 F MAX

12 END PGM CC60 MM

## **7.4 Program pro op.40: stroj Huyndai HIT8**

Řídicí systém stroje: Sinumerik 840D

Stručný popis operace: soustružit D22,6+0,05; D19,75+0,1; D12,76+0,08; D7,8+-0,25

Nástroje:

T1- Vrták D19 - NVRT1-916778 – destička YES 190 Grumant



T2- Vrták D12,5 – DFR125 R2 WD20M – destička DFR020204 GD-KC7020

T3- Vrták monolitní D7,8

T4- Hrubovací nůž A16M PWLNR-06 – destička WNMG06T304-GM IC 9025

T5- Dokončovací nůž S10L-SCLCR-06 – destička CCMT 060204-SM IC 507

Podrobnější informace viz operační návody v příloze.

Vlastní program:

```
__/_Fend__/_/_F[OTVOR33.MPF]__/_N5 M57
```

DIAMON

;OTVORY KOMPLET CELA

N10 G18 G54 G90 G71 G95

N15 LIMS=5000

N20 G53 G0 X85 Z280 D0

N25 T1 D1

N30 M08

N35 G95 S1842 F0.25 M03

N40 G90 G0 X0 Z2

MSG("DRLC START")

N45 G0 G09 G90 X0 Z4.5

N50 G1 Z-21.5

N55 G0 Z4.5

MSG("DRLC END")

N60 G90 M09

N65 G90 G0 X0 Z2

N70 G53 G0 X85 Z280 D0

N75 T2 D1

N80 M08

N85 G95 S4488 F0.25 M03

MSG("DRLC START")

N90 G0 G90 X0 Z1

N95 G0 G09 G90 X0 Z-18

N100 G1 Z-38

N105 G0 Z-18

N110 G0 G90 Z1

MSG("DRLC END")

N115 G90 M09

N120 G53 G0 X85 Z280 D0

N125 T3 D1

N130 M08

N135 G95 S2917 F0.08 M03

MSG("DRLD START")

N140 G0 G90 X0 Z1

N145 G90 G09 G00 X0 Z-12

N150 G01 Z-23.1

N155 G00 Z-12

N160 G0 G90 Z1

MSG("DRLD END")

N165 G90 M09

N170 G53 G0 X85 Z280 D0

N175 T4 D1  
N180 M08  
N185 G96 S165 M03  
MSG("MAN CODE START")  
G96S150  
G0X24.Z15.M8  
Z2  
X22.1  
G1Z-7.8F0.15  
X18.2  
Z-19.5F0.1  
G0X18.Z-18.5  
Z-7.3  
X19.1  
G1Z-19.47  
G0X18.8  
Z-7.3  
X19.3  
G1Z-19.45  
G0X19.Z-18.5  
Z10.  
MSG("MAN CODE END")  
N190 G90 M09  
N195 G53 G0 X85 Z280 D0  
N200 T5 D1  
N205 M08  
N210 G96 S180 M03  
N215 G90 G0 X7.5 Z1  
MSG("STK START")  
N220 G90 G0 X7.65 Z2  
N225 X7.65 Z-22.81  
N230 G42  
N235 G1 X7.75 Z-23.81 F0.1  
N240 G1 X8.55 Z-23.41  
N245 G1 X12 Z-23.41 F0.07  
N250 G1 X11 Z-19.63 F1  
N255 G1 X19.1 Z-19.63 F0.05  
N260 G1 X18 Z-8 F1  
N265 G1 X22 Z-8 F0.07  
N270 G1 X21 Z1 F1  
N275 G40  
N280 G90 G0 X7.65 Z2  
MSG("STK END")  
N285 G90 M09  
N290 G90 G0 X7.5 Z1  
N295 M57  
N300 M08  
N305 G96 S180 M03  
MSG("STK START")  
N310 G0 G90 X5.7 Z1  
N315 G90 G0 X5.7 Z1.3

N320 X22.21 Z1.3  
N325 G41  
N330 G1 X24.21 Z0.3 F0.1  
N335 G1 X22.81 Z-0.4  
N340 G1 X22.815 Z-8  
N345 G1 X19.92 Z-8 CHR=0.4  
N350 G1 X19.92 Z-19.63 F0.05  
N355 G1 X12.88 Z-19.63 CHR=0.4 F0.07  
N360 G1 X12.88 Z-23.43  
N365 G1 X7.7 Z-23.43  
N370 G40  
N375 G90 G0 X5.7 Z1.3  
N380 G0 G90 Z1  
MSG("STK END")  
N385 G90 M09  
N390 M5  
N395 G53 G0 X150 Z330 D0  
N400 M06  
N405 M56  
N410 M05  
N415 M30  
\_//\_Fend\_//\_

## 8 Závěr

V této bakalářské práci jsem chtěl především ukázat, jak je důležité používat nástroje vždy s ohledem na schopnosti stroje. Popis různých neduhů, které se projevují na špatném, nebo dokonce na nefunkčnosti nástroje jsem popsal v kapitole 2.2.2. Nemůžeme říct, že ty použité stroje byly špatné, protože ty stroje byly vyrobeny v určité době a byly schopné pracovat s nástroji, které byly k dispozici v té příslušné době. Rychleji jde vždy vývoj nástrojů než vývoj strojů.

Velice zajímavé je, že i tak „stará technologie“, což podle mého názoru dělové vrtání je, prokázala, jak dokáže i v dnešní době být efektivní. V praxi jsme viděli, jak dokážeme touto metodou velice rychle a v dobré kvalitě zhotovit hluboké otvory, i když se tento otvor nezdál tak hluboký. Musím také uznat, že jsem osobně úplně nevěřil v tuto starou metodu, myslel jsem si, že je třeba koupit drahé moderní stroje. Velice důležité je si uvědomit, že i tato metoda se v posledních letech velice zefektivnila a to především díky modernějším nástrojům, jak jsem popsal v kapitole 3.

Na moderních obráběcích stojích by se mohly použít některé z nástrojů popsané v kapitolách 4.4 až 4.7. Těmito nástroji bychom dosáhli dobrých výsledků, avšak náklady na výrobu by vzrostly hlavně kvůli vysoké ceně strojů, která je až několikanásobná. Při těchto velkých sériích je většinou lepší použít jednoúčelový obráběcí stroj, i když jak jsem uvedl v kapitole 3.8, na moderních strojích dnes již dokážeme napodobit podmínky jako u speciálního hlubokovrtacího stroje.

Na začátku obrábění, jak jsem popsal v kapitole 2.2, dosahoval obráběcí čas cca 8 minut. Metodou hlubokého vrtání na hlubokovrtacím stroji se tento čas zkrátil na 0,9 minuty viz kapitola 6.2.

Velice zajímavé je vrtání monolitními vrtáky, které jak jsem popsal v kapitole 4.8, ty dokáží dnes vrtat až do hloubek 70 x D.

## 9 Knižní publikace

- [1] MÁDL, J. *Teorie obrábění*. Praha : ČVUT, 1994
- [2] JANDEČKA, K. , ČESÁNEK, J. , KOŽMÍN, P. : *Programování NC strojů*. Plzeň: ZČU, 2000.
- [3] MÁDL, J. *Optimalizace řezných podmínek v teorii obrábění*. Praha : ČVUT, 1990.
- [4] SANDVIK COROMANT. *Příručka obrábění*. Praha : Scientia, 1997.
- [5] Manuál řídicího systému Heidenhain TNC426/430

## 10 Internetové zdroje

- [6] <http://www.tiefbohren.info>
- [7] <http://www.mmspektrum.com/clanek/hluboqe-vrtani-technologie-xd>

## 11 Jiné zdroje

- [8] Prezentace: Botek - Winter servis 2008
- [9] Katalog „Botek“ 250000018/34-2008
- [10] Prezentace: Iscar r.2007
- [11] Prezentace Walter-Titex r.2008