



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## NÁSTROJE PRO VRTÁNÍ A JEJICH VYUŽITÍ

DRILLING TOOLS AND THEIR USE

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Němeček

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petra Sliwková, Ph.D.

BRNO 2018

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	<b>Tomáš Němeček</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	<b>Ing. Petra Sliwková, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2017/18

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

## Nástroje pro vrtání a jejich využití

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je zaměřena na studium nástrojů pro vrtání v současné době, metody výroby děr, trendy a zjištění sortimentu u producentů nástrojů.

### Cíle bakalářské práce:

1. Charakteristika vrtacích nástrojů
2. Charakteristika metod
3. Charakteristika materiálů vrtacích nástrojů
4. Vrtací nástroje v sortimentu výroby producentů nástrojů

### Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.

HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. Praha: MM Publishing, 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.

KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. Brno: CERM, 2001. ISBN 80-214-19-6-2.

PÍŠKA, Miroslav. Speciální technologie obrábění. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN 978-80-214-4025-8.

PTÁČEK, Luděk. Nauka o materiálu II. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-7204-248-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

**ABSTRAKT**

Bakalářská práce na téma *Nástroje pro vrtání a jejich využití* je zaměřena na charakteristiku vrtacích nástrojů, charakteristiku metod, charakteristiku materiálů vrtacích nástrojů a zajištění sortimentu u producentů nástrojů.

**Klíčová slova**

Vrták, vrtání, vrtačka, břit, rychlořezná ocel, slinutý karbid, břitová destička.

**ABSTRACT**

Bachelor thesis focused on theme *Tools for drilling and its use* deals with characteristics of drilling tools, method characteristics, description of materials suitable for drilling tools and securing sortiment at tool producers.

**Key words**

Drill, drilling, drilling machine, blade, high-speed cutting steel, sintered carbide, cutting tip.

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

NĚMEČEK, T. *Nástroje pro vrtání a jejich využití*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 40 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petra Sliwková, Ph.D..

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Nástroje pro vrtání a jejich využití** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....  
Datum

.....  
Tomáš Němeček

**PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji Ing. Petře Sliwkové, Ph.D. za užitečné rady, odbornou pomoc a ochotu při psaní této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat kamarádům a rodině za pomoc a podporu při studiu.

**OBSAH**

ABSTRAKT.....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1 CHARAKTERISTIKA VRTACÍCH NÁSTROJŮ.....	9
1.1 Středící vrtáky.....	9
1.2 Šroubovité vrtáky.....	10
1.3 Kopinaté vrtáky.....	11
1.4 Vrtáky s vyměnitelnou špičkou.....	11
1.5 Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami.....	12
1.6 Korunkové vrtáky.....	13
1.7 Ejektorové vrtáky.....	13
1.8 Dělové a hlavňové vrtáky.....	14
1.9 Vrtáky do plechu.....	15
1.10 Odstupňované vrtáky.....	15
1.11 Speciální sdružené nástroje.....	15
2 CHARAKTERISTIKA METOD.....	16
2.1 Kinematika vrtacího procesu.....	16
2.2 Parametry průřezu třísky.....	17
2.3 Řezné síly, řezný výkon.....	19
2.4 Strojní čas.....	21
3 CHARAKTERISTIKA MATERIÁLŮ VRTACÍCH NÁSTROJŮ.....	22
3.1 Rychlořezné oceli.....	22
3.2 Slinuté karbidy.....	22
3.3 Povlakování.....	24
4 VÝROBCI VRTACÍCH NÁSTROJŮ.....	26
4.1 Sandvik Coromant.....	26
4.2 Walter.....	29
4.3 Dormer Pramet.....	31
4.4 Stimzet.....	34
ZÁVĚR.....	36
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	37
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	39

## ÚVOD

Technologii vrtání můžeme řadit mezi operaci při výrobě děr. Využívá se ve strojírenství, stavebnictví, truhlářství a v mnoha dalších oblastech. Charakteristikou vrtání je pohyb rotační a vykonává jej nástroj, posuv je přímočarý a vykonává jej obvykle také nástroj. Důležité při výrobě díry je zvolit správné rezné podmínky a nástroj, aby bylo dosaženo kvalitního a přesného povrchu vrtaného otvoru. Rezná rychlost je na obvodu nástroje největší a zmenšuje se směrem k ose nástroje, kde je nulová. Otvory se mohou zhotovovat do plného materiálu, tzn. vrtání, nebo do už předvrtané díry, tzn. vyvrtávání. Nejčastějším nástrojem pro výrobu krátkých děr je šroubovitý vrták (obr. 1). Vrtání je ve srovnání se soustružením a frézováním mnohem náročnější na utváření a odvod třísky z místa řezu, proto je potřeba věnovat dostatečnou pozornost určování tlaku a množství procesní kapaliny potřebné pro dobrý odvod třísky. Otvory se zhotovují na tzv. vrtačkách nebo obráběcích centrech, které jsou v poslední době hodně rozšířené. Aby se dosáhlo dobré trvanlivosti bříty a aby teplota na bříty nezpůsobila předčasné otupení, používá se chlazení, a tím se prodlužuje životnost bříty. V neposlední řadě je potřeba, aby byl vrták správně naostřen ve speciálním přípravku k tomu určeném. Pokud je vrták špatně naostřen, tak se břit nerovnoměrně opotřebovává a dochází ke zhoršení vlastností vrtané díry [2, 7].



Obr. 1 Šroubovitý vrták HSS [1].

## 1 CHARAKTERISTIKA VRTACÍCH NÁSTROJŮ

Vrtací nástroje jsou nejčastěji dvoubřité, ale mohou být jednobřité či třibřité. Nástroje pro vrtání slouží především k odebrání materiálu v geometrickém válci anebo pro přípravu otvorů při dalších dokončovacích operacích. Úhel ostří je určen úhlem sklonu šroubovice  $\lambda$  (lambda), vrcholovým úhlem  $\varepsilon$  (epsilon) a úhlem hřbetů  $\alpha$  (alfa) [2].

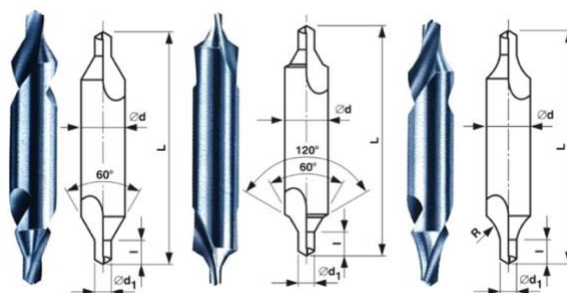
### Rozdělení vrtáků

Dle technologie vrtání, druhu, konstrukce a geometrie nástroje se mohou vrtáky rozdělit do několika základních skupin [2]:

- středící vrtáky,
- šroubovitě vrtáky,
- kopinaté vrtáky,
- vrtáky s vyměnitelnou špičkou,
- vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami,
- korunkové vrtáky,
- ejektorové vrtáky,
- dělové a hlavňové vrtáky,
- vrtáky do plechu,
- odstupňované vrtáky,
- speciální sdružené nástroje.

#### 1.1 Středící vrtáky

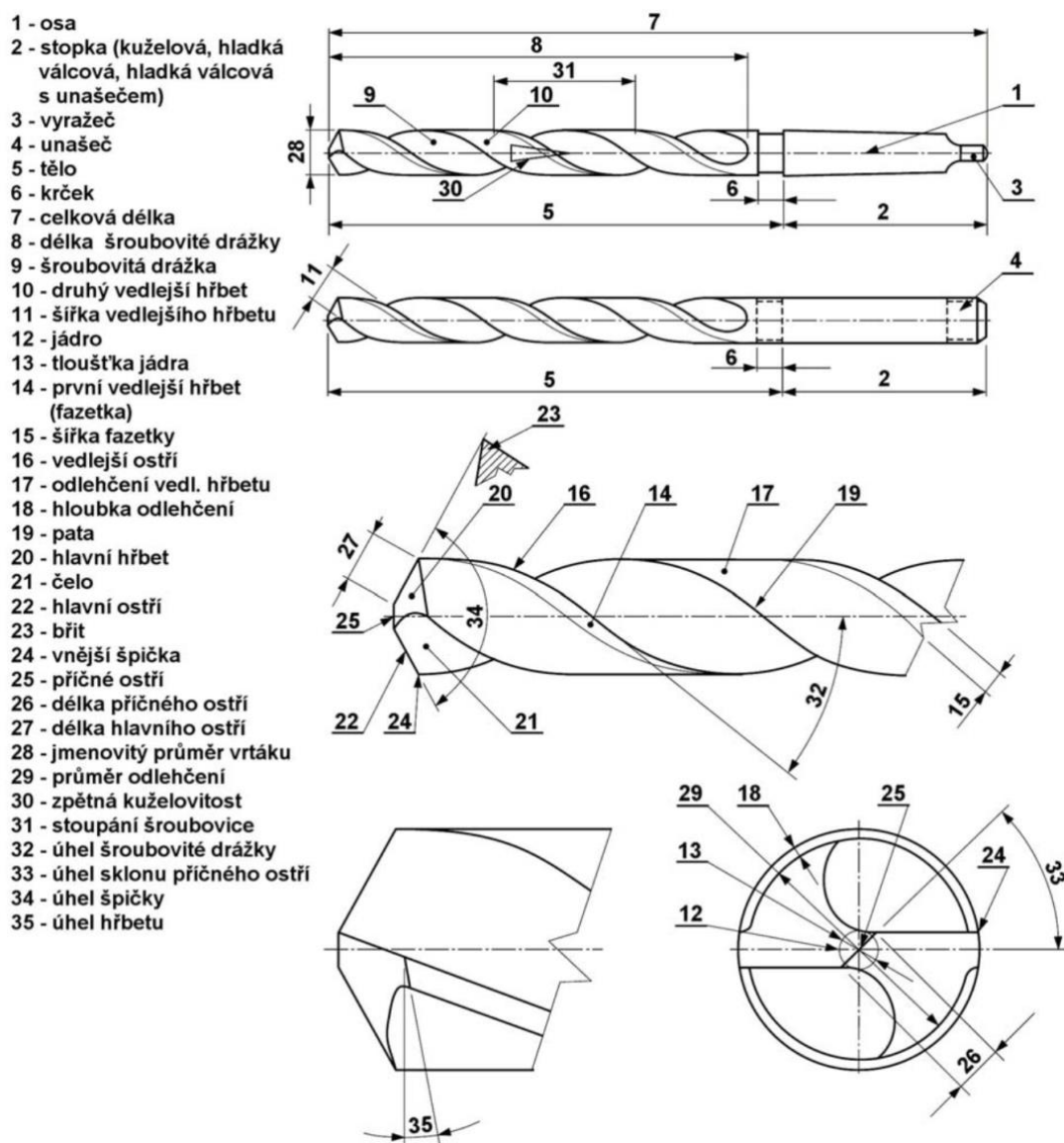
Středící vrtáky (obr. 1.1) se používají pro navrtání středících důlků, pro spolehlivé upnutí obrobků mezi hroty, pro určení přesné osy díry při vrtání a dále pro přesné navrtání otvoru na CNC strojích před vlastním vrtáním. Výhoda upínání mezi hroty je velká přesnost při obrábění a také stejné upnutí na více strojích. Tvary a rozměry středících důlku jsou uvedeny ve Strojnických tabulkách a jsou normalizovány [4].



Obr. 1.1 Středící vrtáky [2].

## 1.2 Šroubovitě vrtáky

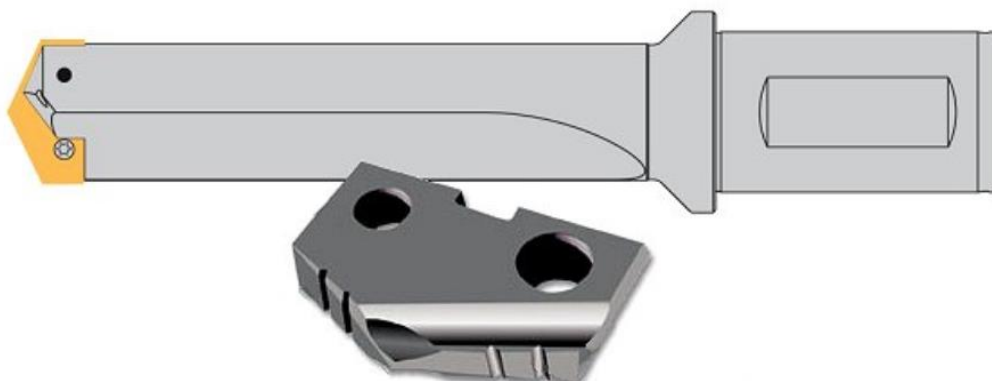
Šroubovitý vrták (obr. 1.2) je nejčastěji používaný nástroj na vrtání děr. Jedná se o dvoubřitý nástroj se šroubovitými drážkami na odvod třísek a přívod řezné kapaliny. Přes fazetku u špičky měříme jmenovitý průměr, protože směrem nahoru ke stopce se průměr vrtáku nepatrně kuželově zmenšuje, aby bylo sníženo stření mezi vrtákem a vrtanou dírou. Průměr jádra vrtáku se směrem ke stopce zesiluje z důvodu tuhosti nástroje. Část, za kterou je vrták upnutý, může být válcová nebo kuželová. Geometrie břitu u šroubovitého vrtáku je hodně složitá, protože nástrojové úhly čela a hřbetu jsou proměnné podél hlavního ostří. Nejčastější materiály, ze kterých jsou vyráběny šroubovitě vrtáky, jsou rychlořezné oceli, ale pro náročnější obrábění používáme vrtáky z monolitních karbidů s povlakem nebo bez povlaku [2].



Obr. 1.2 Základní parametry šroubovitého vrtáku [2].

### 1.3 Kopinaté vrtáky

Kopinatý vrták (obr. 1.3) je nástroj velmi jednoduchý na výrobu. Menší průměry vrtáku se vyrábí z jednoho kusu. Vrtáky, které jsou určeny pro větší průměry, jsou složeny z vyměnitelné břitové destičky plochého tvaru, která je mechanicky upnuta do držáku. Mají velkou tuhost, menší přesnost a špatně odvádějí třísky. Odvod třísky zlepšujeme pomocí přívodu řezné kapaliny a pomocí fazetek, které jsou na hlavních hřbetech. Je možné vrtat díry v poměru  $L/D = 3/1$  bez navrtávání. Nejčastěji se používají pro vrtání mělkých otvorů, navrtávání a srážení hran [2, 7].



Obr. 1.3 Kopinatý vrták [2].

### 1.4 Vrtáky s vyměnitelnou špičkou

Vrtáky s vyměnitelnou špičkou se vyrábí se špičkou ve formě břitové destičky nebo hlavice (obr. 1.4). Destičky i hlavice jsou nejčastěji vyráběny z povlakovaných slinutých karbidů. V určitých případech je možné mít centrální přívod řezné kapaliny do místa řezu. Hlavice mají podle technologické operace a obráběného materiálu různou geometrii [2].



Obr. 1.4 Vrták s vyměnitelnou hlavicí firmy Sandvik Coromant [8].

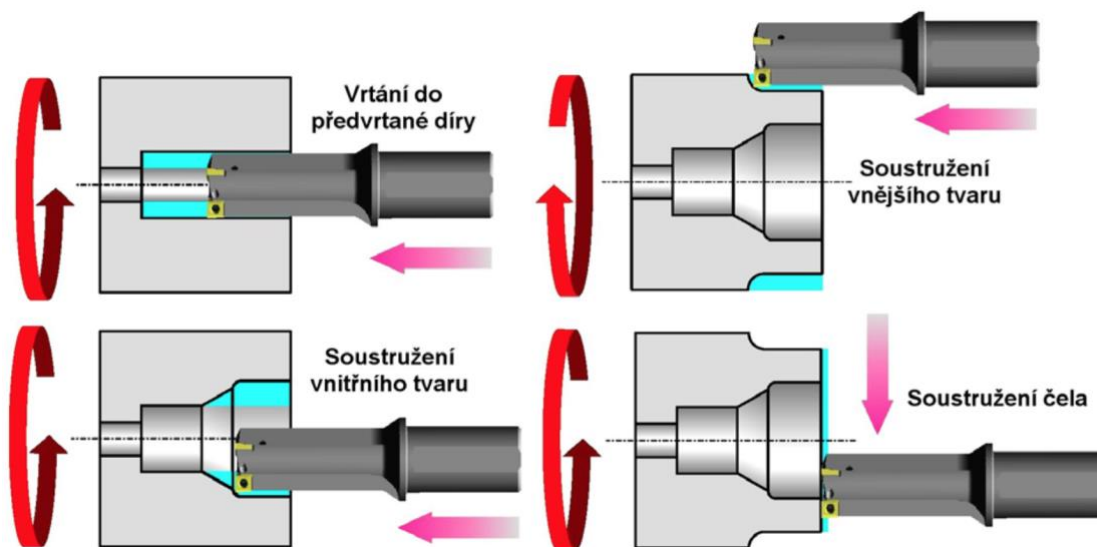
## 1.5 Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami

Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami (obr. 1.5) mají několik břitových destiček ze slinutých karbidů a pozitivní geometrii čela. Upnuty jsou v tělese za pomoci šroubů se zapuštěnou hlavou. Podél hlavního ostří není řezná rychlost konstantní, proto jsou obvodové destičky, které pracují s vyšší řeznou rychlostí, vyrobeny z materiálu, který má lepší vlastnosti a vyšší odolnost proti opotřebení. Takové nástroje mají potom přibližně stejnou trvanlivost a můžeme je po opotřebení vyměnit všechny najednou. K odvádění třísek slouží přímé drážky a v podstatě všechny vrtáky mají přívod řezné kapaliny zajištěný dírami v těle vrtáku.

Břitové destičky mají velmi rozmanité tvary proto, aby byly nepříznivé pracovní podmínky (dělení třísky, odvod třísky z místa řezu, tepelné a mechanické zatížení vrtáku, atd.) zlepšeny. Nástroje větších průměrů mají břitové destičky upnuty pomocí výměnných kazet, které dále umožňují změnit jmenovitý průměr, aniž bychom měnili těleso vrtáku. Většinu vrtáků lze použít třeba pro soustružení vnějších a vnitřních válcových ploch a čelních rovinných ploch (obr. 1.6) [2, 7].



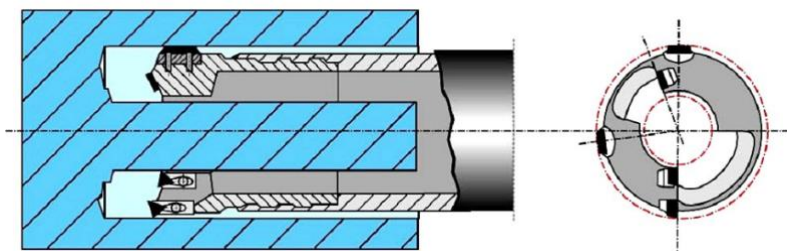
Obr. 1.5 Vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami firmy Walter [5].



Obr. 1.6 Pracovní možnosti vrtáku s vyměnitelnými břitovými destičkami [2].

## 1.6 Korunkové vrtáky

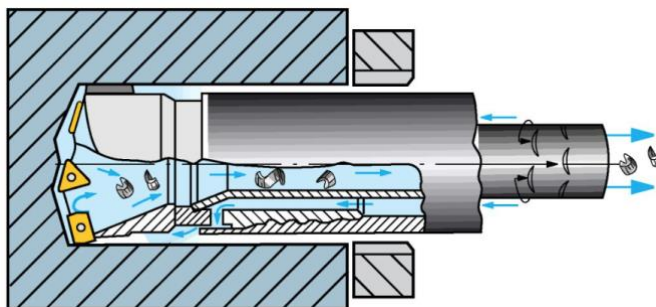
Korunkové vrtáky (trepanační) (obr. 1.7) se používají pro vrtání průchozích otvorů do plného materiálu. Vrtají se především větší průměry. Materiál je odebírán pouze mezikružím vrtáku a jeho střední část (jádro) je posunována středem vrtáku s třískami [2].



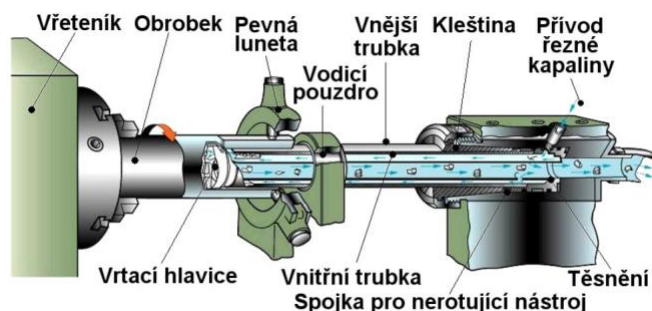
Obr. 1.7 Korunkový vrták [2].

## 1.7 Ejektorové vrtáky

Ejektorový vrták je složen z vrtací hlavice (obr. 1.8), která je našroubována do vnější vrtací trubky. Ejektorovým vrtákem můžeme vrtat otvory o průměru 20 mm až 60 mm, v délce 100·D (horizontálně) nebo 50·D (vertikálně). Procesní kapalina je přivedena k břitům nástroje mezikružím mezi vnitřní a vnější trubkou, ale malé množství řezné kapaliny odchází štěrbinami v zadní části vnitřní trubky, a to způsobuje ejektorový efekt (kapalina je nasávána směrem od břítu vrtáku a strhává vznikající třísky). Systém můžeme použít na konvenčních strojích (obr. 1.9), CNC nebo NC soustruzích a také na obráběcích centrech [2, 7].



Obr. 1.8 Princip ejektorového vrtání [2].

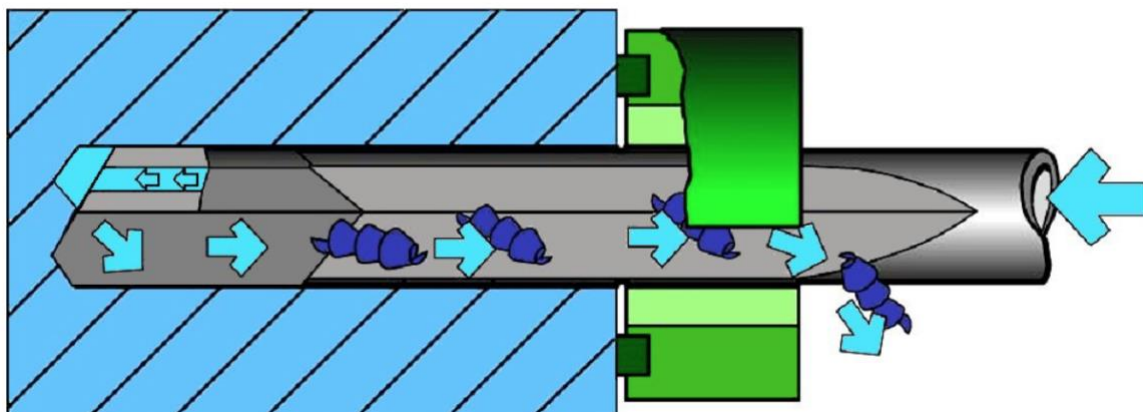


Obr. 1.9 Zařízení pro ejektorové vrtání [2].

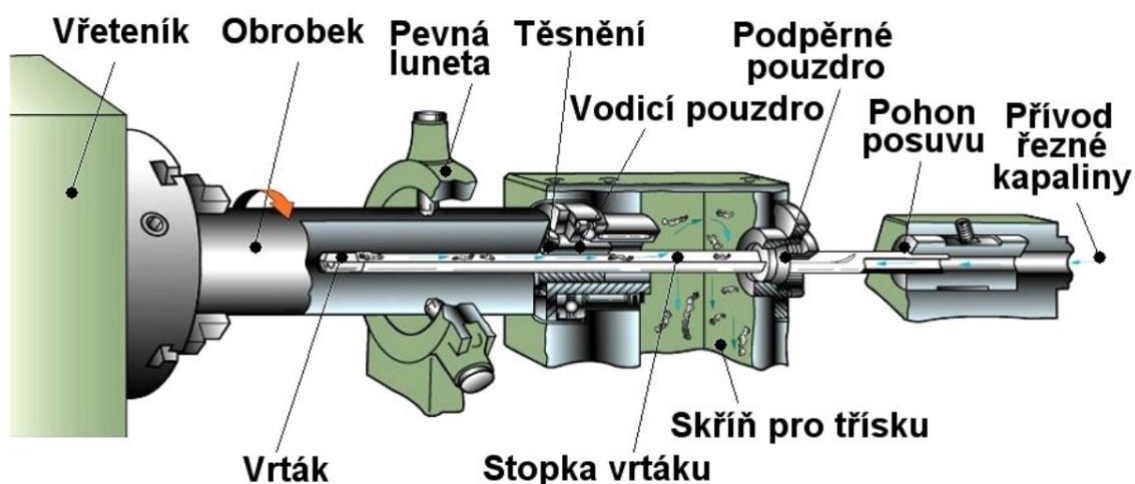
## 1.8 Dělové a hlavňové vrtáky

Dělové a hlavňové vrtáky se používají k vrtání hlubokých děr. Dělové vrtáky se používají na méně hluboké díry. Jsou to jednobřité nástroje a pracovní část mají kolmou k ose vrtáku. Vrtání se provádí do předvrtaných děr a jeho nevýhodou je, že odvod třísek není plynulý, takže se musí po určité době vytáhnout a třísky se musí odstranit.

Hlavňové vrtáky jsou připájeny na trubku potřebné délky. Mají obvykle jen jednu břitovou destičku, která je připájena k tělu vrtáku, a dvě vodítka ze slinutých karbidů, která jsou také připájena k tělu vrtáku a zajišťují spolehlivé středění. Počátek díry musí být navrtán jiným nástrojem, nebo se musí použít vodící pouzdro. Procesní kapalina je pod tlakem přivedena buď otvorem, nebo dutinou vrtáku a zajišťuje dobrý odvod třísek (obr. 1.10). Dělové a hlavňové vrtáky se používají na speciálně upravených soustruzích (obr. 1.11) [2, 7, 9].



Obr. 1.10 Znárodnění odvodu třísky při vrtání hlavňovým vrtákem [2].



Obr. 1.11 Zařízení pro vrtání hlavňovým vrtákem [2].

## 1.9 Vrtáky do plechu

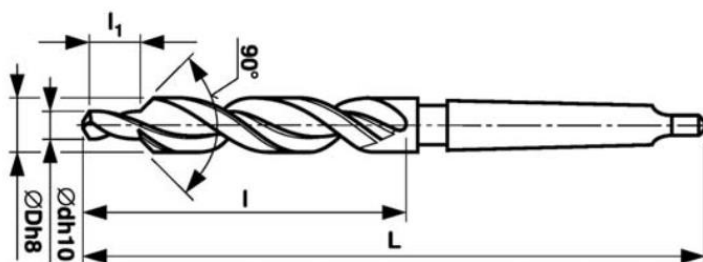
Pro vrtání otvorů do plechu můžeme použít různé typy vrtáků. Mezi základní patří termální tvářecí vrták (obr. 1.12), vrták do plechu pro široký rozsah průměrů, odstupňovaný vrták, aj. [2].



Obr. 1.12 Termální vrtání díry [2].

## 1.10 Odstupňované vrtáky

Odstupňované vrtáky (obr. 1.13) se používají především pro hromadnou a sériovou výrobu. Slouží k tomu, aby se udělalo více operací najednou (zhloubení díry, osazení díry, aj.) [2].



Obr. 1.13 Odstupňovaný vrták [2].

## 1.11 Speciální sdužené nástroje

Speciální sdužené nástroje (obr. 1.14) slouží k sériové a hromadné výrobě. Speciálními sduženými nástroji můžeme vrtat a zároveň (vystružovat, závitovat, zhlubovat, atd.) [2].



Obr. 1.14 Sdužený nástroj firmy Sandvik-Coromant [2].

## 2 CHARAKTERISTIKA METOD

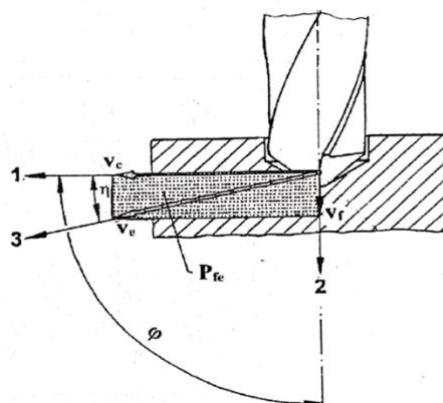
Vrtání a vyvrtávání jsou základní metody pro výrobu válcových nebo tvarových otvorů. Vrtání se provádí do plného materiálu a vyvrtáváním se zvětšují již předpracované otvory (předvrtané, předkované, předlisované, předlité, atd.). Hlavní řezný pohyb je rotační a obvykle ho vykonává nástroj, ale v určitých případech může vykonávat hlavní řezný pohyb i obrobek (např. vrtání na soustruhu). Posuv u vrtání je přímočarý ve směru osy rotace a vykonává ho obvykle nástroj. Vrták má kolmou osu k ploše, na které vniká do obráběného materiálu.

Hlavní charakteristikou je, že při vrtání se řezná rychlost směrem ke středu vrtáku zmenšuje, až dosáhne v ose nástroje nulové rychlosti. Za řeznou rychlost proto zpravidla považujeme obvodovou rychlost na maximálním (jmenovitém) průměru nástroje.

### 2.1 Kinematika vrtacího procesu

Kinematické souvislosti vrtacího procesu při vrtání šroubovým vrtákem jsou znázorněny na (obr. 2.1) [7].

- 1 – směr hlavního pohybu
- 2 – směr posuvového pohybu
- 3 – směr řezného pohybu
- $v_c$  – řezná rychlost
- $v_f$  – posuvová rychlost
- $v_e$  – rychlost řezného pohybu
- $P_{fe}$  – pracovní boční rovina
- $\varphi$  – úhel posuvového pohybu
- $\eta$  – úhel řezného pohybu



Obr. 2.1 Kinematika vrtacího procesu [7].

### Rozdělení vrtání

Dle použité geometrie vrtáku, konstrukce vrtáku a druhu vrtání můžeme rozdělit vrtání na sedm základních skupin [10, 2]:

- navrtání středícím vrtákem do plného materiálu,
- vrtání krátkých děr do plného materiálu v poměru ( $D/L=1/5 \div 1/10$ ),
- vrtání krátkých děr do předpracovaných otvorů,
- vrtání hlubokých děr do plného, předpracovaného otvoru v poměru ( $D/L > 1/10$ ),
- vrtání průchozích děr, zejména větší průměry (tzv. na jádro),
- speciální případy vrtání,
- vrtání otvorů v nekovových, kompozitních a těžkoobrobitelných materiálech.

**Řezná rychlost [2]**

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (2.1)$$

kde: D – průměr vrtáku [mm]

n – otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ]

**Posuvová rychlost [2]**

$$v_f = f \cdot n \quad [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (2.2)$$

kde: f – posuv nástroje na otáčku [mm]

n – otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ]

**Posuv na zub [2]**

$$f = z \cdot f_z \quad [\text{mm}] \quad (2.3)$$

kde: z – počet břitů [-]

$f_z$  – posuv na břit [mm]

**Rychlost řezného pohybu [2]**

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (2.4)$$

kde:  $v_c$  – řezná rychlost [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]

$v_f$  – posuvová rychlost [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ]

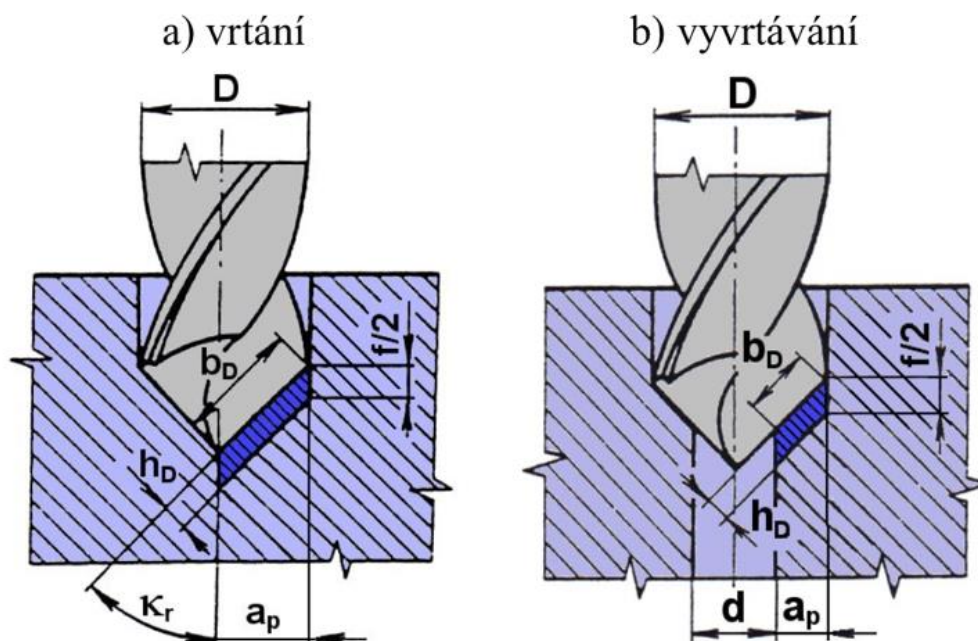
**2.2 Parametry průřezu třísky**

Jmenovité rozměry třísky při vrtání dvoubřítým šroubovým vrtákem jsou znázorněny na obr. 2.2. Vrtání se provádí do plného materiálu a vyvrtávání do předem předpracovaných otvorů. Při vrtání je šířka záběru ostří  $a_p = D/2$  a při vyvrtávání  $a_p = (D-d)/2$  [2, 10].

**Jmenovitý průřez třísky odebíraný jedním břitem nástroje při vrtání [2]**

$$A_D = \frac{D \cdot f}{4} \quad [\text{mm}^2] \quad (2.5)$$

kde:  $D$  – průměr vrtáku [mm]  
 $f$  – posuv za otáčku [mm]



Obr. 2.2 Jmenovité rozměry třísky [2].

**Jmenovitý průřez třísky odebíraný jedním břitem nástroje při vyvrtávání [2]**

$$A_D = \frac{(D-d) \cdot f}{4} \quad [\text{mm}^2] \quad (2.6)$$

kde:  $D$  – průměr vrtáku [mm]  
 $d$  – průměr předvrtaného otvoru [mm]  
 $f$  – posuv za otáčku [mm]

**Celkový průřez třísky odebíraný dvoubřítým nástrojem při vrtání [2]**

$$A_D = \frac{D \cdot f}{2} \quad [\text{mm}^2] \quad (2.7)$$

kde:  $D$  – průměr vrtáku [mm]  
 $f$  – posuv za otáčku [mm]

**Celkový průřez třísky odebíraný dvoubřítým nástrojem při vrtání [2]**

$$A_D = \frac{(D-d) \cdot f}{2} \quad [\text{mm}^2] \quad (2.8)$$

kde:  $D$  – průměr vrtáku [mm]  
 $d$  – průměr předvrtaného otvoru [mm]  
 $f$  – posuv za otáčku [mm]

### Jmenovitá tloušťka třísky [2]

$$h_D = \frac{f}{2} \cdot \sin \kappa_r \quad [\text{mm}] \quad (2.9)$$

kde:  $f$  – posuv za otáčku [mm]  
 $\kappa_r$  – pracovní úhel nastavení hlavního ostří [°]

### Jmenovitá šířka třísky při vrtání [2]

$$b_D = \frac{D}{2 \cdot \sin \kappa_r} \quad [\text{mm}] \quad (2.10)$$

kde:  $D$  – průměr vrtáku [mm]  
 $\kappa_r$  – pracovní úhel nastavení hlavního ostří [°]

### Jmenovitá šířka třísky při vyvrtávání [2]

$$b_D = \frac{D-d}{2 \cdot \sin \kappa_r} \quad [\text{mm}] \quad (2.11)$$

kde:  $D$  – průměr vrtáku [mm]  
 $d$  – průměr předvrtaného otvoru [mm]  
 $\kappa_r$  – pracovní úhel nastavení hlavního ostří [°]

## 2.3 Řezné síly, řezný výkon

Při použití kopinatého, nebo šroubovitého vrtáku je materiál odebírán oběma břity najednou. Výslednou sílu poté tvoří součet anebo rozdíl hodnot na obou břitech nástroje (obr. 2.3). Při dobrém a přesném naostření vrtáku máme síly shodné [2].

### Posuvová síla [2]

$$F_f = F_{f1} + F_{f2} \quad [\text{N}] \quad (2.12)$$

### Posuvová síla při dobrém a přesném naostření [2]

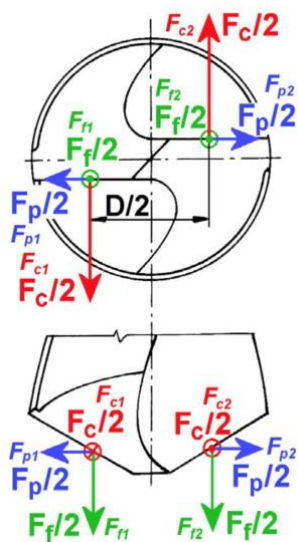
$$F_{f1} = F_{f2} = F_f/2 \quad [\text{N}] \quad (2.13)$$

**Pasivní síla [2]**

$$F_p = F_{p1} - F_{p2} \quad [\text{N}] \quad (2.14)$$

**Pasivní síla při dobrém a přesném naostření [2]**

$$F_{p1} = F_{p2} = F_p/2 \quad [\text{N}] \quad (2.15)$$



Obr. 2.3 Řezné síly [2].

**Řezná síla [2]**

$$F_c = F_{c1} + F_{c2} \quad [\text{N}] \quad (2.16)$$

**Řezná síla při dobrém a přesném naostření [2]**

$$F_{c1} = F_{c2} = F_c/2 \quad [\text{N}] \quad (2.17)$$

**Výpočet řezných sil  $F_c$  a  $F_f$  za pomoci empirických vťahů [2]**

$$F_c = C_{Fc} \cdot D^{X_{Fc}} \cdot f^{Y_{Fc}} \quad [\text{N}] \quad (2.18)$$

$$F_f = C_{Ff} \cdot D^{X_{Ff}} \cdot f^{Y_{Ff}} \quad [\text{N}] \quad (2.19)$$

Hodnoty konstant exponentů pro rovnice (2.18), (2.19) jsou uvedeny v tab. 2.1 [7].

Tab. 2.1 Hodnoty konstant exponentů [7].

Obráběný materiál	$C_{Fc}$	$X_{Fc}$	$Y_{fc}$	$C_{Ff}$	$X_{Ff}$	$Y_{Ff}$
Ocel $R_m = 750 \text{ MPa}$	3 650	0,90	0,78	865	1	0,72
Litina 200 HB	2450	0,85	0,80	630	1	0,78

**Řezný výkon [2]**

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{2 \cdot 60 \cdot 1000} = \frac{F_c \cdot v_c}{1,2 \cdot 100000} \quad [\text{kW}] \quad (2.20)$$

kde:  $F_c$  – řezná síla [N]

$v_c$  – řezná rychlost stanovena dle vztahu (2.1) [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]

**2.4 Strojní čas**

Strojní čas pro standartní vrták s úhlem špičky  $2\kappa_r = 118^\circ$  při vrtání můžeme vypočítat dle vztahu (2.21) a jeho dráha je znázorněna na obr. 2.4 [2, 7].

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} \quad [\text{min}] \quad (2.21)$$

$$l_p = 0,5D \cdot \text{tg } 31^\circ + (0,5 \div 1) \cong$$

$$\cong 0,3D + (0,5 \div 1) \quad [\text{mm}] \quad (2.22)$$

$$l_n = (0,5 \div 1) \quad [\text{mm}] \quad (2.23)$$

kde:  $l_n$  – náběh vrtáku [mm]

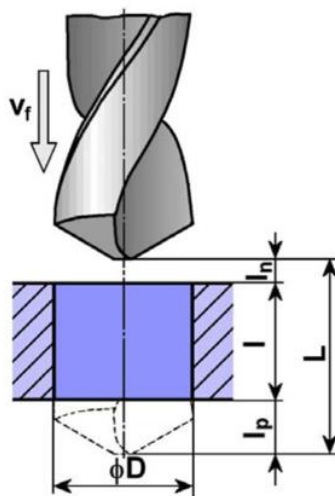
$l$  – délka vrtané díry [mm]

$l_p$  – přeběh vrtáku [mm]

$v_f$  – posuvová rychlost [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ]

$n$  – otáčky vrtáku [ $\text{min}^{-1}$ ]

$f$  – posuv na otáčku [mm]



Obr. 2.4 Dráha nástroje [2].

### 3 CHARAKTERISTIKA MATERIÁLŮ VRTACÍCH NÁSTROJŮ

V poslední době šel vývoj a výzkum materiálů hodně dopředu a každá firma, která se zabývá výrobou vrtáků, je vyrábí z různých materiálů a s různými povlaky. U vrtáků je zásadní i jeho životnost, kterou můžeme prodloužit správným zacházením a používáním dle instrukcí výrobce. Většina firem má program renovace, kde vrtáky uvedou skoro do původního stavu a je možné je používat znovu. Řezný proces při vrtání závisí na určitých vlastnostech řezného nástroje a nástrojového materiálu. Mezi základní vlastnosti nástrojového materiálu patří tvrdost, odolnost proti opotřebení, pevnost v ohybu, houževnatost atd. Tyto vlastnosti by měl materiál splňovat i při zvýšených a vysokých teplotách, které při vrtání nastávají. Pro výrobu vrtáků se nejčastěji používají slinuté karbidy a rychlořezné oceli. V posledních letech se skoro u všech výrobců začal objevovat monolitní karbidový vrták. [7].

#### 3.1 Rychlořezné oceli

Rychlořezné oceli jsou samostatná skupina legovaných nástrojových ocelí, které obsahují karbidotvorné prvky jako W, Cr, Mo, V a nekarbidotvorný prvek Co. Obsah uhlíku je méně než 1 %. Rychlořezné oceli se používají hodně pro tvarově složité nástroje, které nemůžou být vyrobeny z jiných materiálů. Mají nízkou řeznou rychlost, která je 25–50 m.min<sup>-1</sup>, a snáší teplotu 500–700 °C. Minimální tvrdost po tepelném zpracování by měla dosahovat hodnot 63 HRC. Pokud chceme nástroj z rychlořezné oceli využít optimálně, tak je vhodné používat vhodné prostředí a emulze. Pro zlepšení vlastností se vrtáky nechávají povlakovat. Získávají tím vyšší tvrdost a odolnost proti opotřebení. Hlavní skupiny rychlořezných ocelí jsou rozepsány v tab. 3.1 [7, 18].

Tab. 3.1 Hlavní skupiny rychlořezných ocelí [19].

	Obsah C	Cr	W	Mo	V	Co	Tvrdost
HSS	0,7–1,0 %	4,0 %	1,5–18 %	0–8,87 %	1–2 %	-	62–65 HRC
HSS-Co5	0,9–1,5 %	4,1 %	6,4–12 %	0–5,0 %	2–5 %	5 %	63–67 HRC
HSS-Co8	1,0–1,1 %	4,0 %	1,5 %	9,5 %	1,2 %	8 %	63–68 HRC

#### 3.2 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou vyrobeny práškovou metalurgií za použití kovového pojiva. Jako pojivo se nejvíce používá Co kobalt. Základní druhy karbidu jsou: karbid titanu TiC, karbid tantalu TaC a karbid niobu NbC. Slinuté karbidy se vyrábějí ve tvaru destiček, které se dále opracovávají pouze broušením, lapováním a elektroerozivním obráběním. Destičky se nejčastěji upínají mechanicky, nebo méně často pájením na řeznou část nástroje. Destička ze slinutého karbidu je znázorněna na obr. 3.1. Nástroj má několik destiček, které se po opotřebení otáčejí, a po otupení všech ostří se destička mění za novou. Některé vrtáky jsou vyráběny jako monolitické karbidové nástroje [7, 18].



Obr. 3.1 Břitové destičky ze slinutého karbidu firmy Sandvik Coromant [11].

Slinuté karbidy se dle normy ČSN ISO 513 značíme symboly HW, HF a můžeme je rozdělit do 6 základních skupin znázorněných v tab 3.2 [7, 18].

Skupinu **P** značíme modrou barvou a je určená pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou plynulou třísku. Při obrábění dochází k velkým řezným silám a velkému opotřebení na čele. Pro zvýšení odolnosti proti difuzi, která vzniká za vysokých teplot a má za následek vznik výmolu, je použita přísada TiC. Nevýhodou, kterou disponuje přísada TiC, je snížení odolnosti proti abrazi a vyšší křehkost [7, 18, 20].

Skupinu **M** značíme žlutou barvou a je určená pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou a střední třísku. Pro vysokou houževnatost SK se používá zejména pro těžké hrubovací a přerušované řezy. U této skupiny dochází k vydrolování ostří z důvodu středních, až vysokých hodnot řezných sil [7, 18, 20].

Skupinu **K** značíme červenou barvou a je určená pro obrábění, které tvoří krátkou a drobnou třísku (obzvláště pro šedé litiny, nekovové materiály a neželezné slitiny). U této skupiny jsou relativně nízké řezné síly. Jedinou tvrdou složkou skupiny je karbid wolframu, který má za pokojové teploty srovnatelnou tvrdost jako TiC. Pokud teplota roste, tak ztrácí rychle svoji tvrdost. Proto není vhodná tato skupina pro materiály, kde se tvoří dlouhá tříska, která více zatěžuje nástroj [7, 18, 20].

Tab. 3.2 Rozdělení slinutých karbidů do skupin [7, 18, 20].

Značení	Použití
P	nelegované, legované, vysoce legované oceli
M	feritické, martenzitické, austenitické korozivzdorné oceli
K	šedá litina, tvárná litina, temperovaná litina
N	neželezné kovy, slitiny Al, slitiny Cu
S	speciální slitiny na bázi Ni, Co, Fe, Ti
H	vysoce pevné a tvrdé nástrojové oceli, tvrzené litiny

### 3.3 Povlakování

Povlakováním materiálu se několikanásobně zvyšuje životnost a použitelnost daného nástroje. Výsledné vlastnosti povlakovaného nástroje se liší druhem povlaku, tloušťkou povlaku, metodou povlakování atd. Pro nejlepší efekt je třeba správně zvolit kombinaci všech faktorů. Povlaky můžeme dle odborné literatury rozdělit do čtyř generací [7, 18, 20].

- 1. generace: Má jednovrstvý povlak nejčastěji tvořen TiC v tloušťce asi 6  $\mu\text{m}$ . Díky nedokonalosti technologie měl povlak špatnou soudržnost podkladu a povlaku. Docházelo k tvorbě křehkého eta-karbidu. Proto se povlak rychle odlupoval a docházelo k znehodnocení nástroje.
- 2. generace: Má jednovrstvý povlak nejčastěji tvořen TiC, TiCN, TiN v tloušťce 7–10  $\mu\text{m}$  a díky zdokonalení nedocházelo k tvorbě eta-karbidu.
- 3. generace: Má vícevrstvý povlak, který je tvořen 2–3 vrstvami, případně i více. První vrstva má vždy tu nejlepší přilnavost k podkladu. Další vrstvy jsou nanášeny s nižší přilnavostí k podkladu, ale mají vyšší odolnost proti opotřebení a vyšší tvrdost. Vrstvy jsou nanášeny v tomto pořadí (TiC-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiC-TiN, TiC-TiCN-TiN, TiC-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiN).
- 4. generace: Má vícevrstvý povlak, který je tvořen z více jak deseti vrstev a mezivrstev. Vrstvy jsou ze stejných povlaků, jako u 3. generace. Díky cílenému řízení atmosféry v povlakovacím zařízení je výroba takového povlaku možná.

#### Metody povlakování

##### **Metoda PVD**

Metoda PVD (Physical Vapour Deposition = fyzikální napařování) pracuje pod teplotami 500 °C, takže tepelně neovlivní nástroj. Povlaky touto metodou jsou nejčastěji nanášeny napařováním, naprašováním a iontovou implantací v složitém vakuovém systému. U této metody je potřeba s povlakovaným nástrojem pohybovat, protože se povlakuje pouze místo, na které dopadá přímá pára. Výhodou metody je povlakování ostrých hran [18, 20].

##### **Metoda CVD**

Metoda CVD (Chemical Vapour Deposition = chemické napařování z plynné fáze) pracuje s teplotami 1 000–1 200 °C. Podstatou této metody je reakce plyných chemických sloučenin v plazmě, která se tvoří na povrchu slinutého karbidu. Je to hlavní metoda, kterou se povlakuje slinuté karbidy a nejčastěji jsou zhotovovány ve čtyřech variantách (tepelně indukovaná, plazmaticky aktivovaná, elektronově indukovaná paprskem elektronů, fotonově indukovaná laserem). Výhodou metody je výborná přilnavost mezi povlakem a podkladem nástroje. Vrstvy se nanášejí v tloušťce 10–13  $\mu\text{m}$ . Nevýhodou metody je snížení ohybové pevnosti a nemožnost povlakovat ostré hrany [18, 20].

### Metoda PACVD

Metoda PACVD (Plasma Assited Chemical Vapour Deposition = chemické napařování plazmou) pracuje s teplotami 470–530 °C. Nástroje se touto metodou povlakuje až po zušlechtnění na potřebnou tvrdost, protože v průběhu nedochází k rozměrovým změnám. Tato metoda se vyznačuje obzvláště tím, že má velmi malý koeficient tření a můžou se s ní povlakovat i dutiny. Povlakované díly se nemusí nijak otáčet, protože systém má nucenou cirkulaci plynu v komoře, a to umožňuje povlakovat jak velmi složité nástroje s dutinami, tak velmi těžké a rozměrné nástroje až do hmotnosti 1 250 kg. Při použití téhle metody na vrtací nástroje došlo až k pětinasobnému prodloužení životnosti nástroje ve srovnání s nepovlakovaným nástrojem. Povlakované nástroje metodou PACVD můžeme vidět na obr. 3.2. Metoda se používá zejména pro obráběcí nástroje, kalibrovací nástroje, tvářecí nástroje atd. [18, 20, 21].



Obr. 3.2 Povlakované nástroje metodou PACVD [21].

### Metoda MCVD

Metoda MCVD (Middle Temperature Chemical Vapour Deposition = chemické napařování při střední teplotě) pracuje s teplotami 700–850 °C. Díky nízké teplotě, která je použita u téhle metody, nedochází k poklesu houževnatosti. Takhle povlakované destičky jsou odolnější proti mechanickým rázům a zároveň můžeme použít vyšší posuvové rychlosti [18, 20].

## 4 VÝROBCI VRTACÍCH NÁSTROJŮ

### 4.1 Sandvik Coromant

Společnost Sandvik Coromant je jedním s předních výrobců a dodavatelů nástrojů pro obrábění, frézování a v poslední řadě také vrtání. Společnost má díky investicím, které dává do výzkumu, stále nová a účinnější řešení, jak se postavit k daným problémům zákazníka. Je vlastníkem více jak 3100 patentů. Společnost se zabývá různými druhy vrtáku pro obyčejné i speciální situace [11].

#### Rozdělení vrtáků dle firmy

Rozdělení vrtáků podle firmy Sandvik Coromant:

- vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami,
- monolitní karbidové vrtáky,
- vrtáky s výměnnými vrtacími hlavicemi,
- vrtáky pro obrábění hlubokých děr,
- řešení pro obrábění kompozitních materiálů.

#### Výběr vrtáků ze sortimentu firmy

##### CoroDrill 880

Vrták CoroDrill 880 (obr. 4.1) je určen pro všeobecné vrtání. Tento vrták s břitovými destičkami je navržen tak, aby byl odvod třísek co nejlepší. Břitové destičky jsou ve středu i po obvodu vrtáku. Vrták využívá unikátní technologii Step Technology, která umožňuje dosáhnout dokonalé rovnováhy řezných sil. Tento vrták můžeme použít pro naprostou většinu materiálů. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.1 [11].



Obr. 4.1 Vrták CoroDrill 880 [11].

Tab. 4.1 Parametry vrtáku [11].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Tolerance díry	Oblast použití dle ISO
12,00–63,50 mm	2–3-D	0/+0,30 mm	P, M, K, N, S, H

### CoroDrill 860-PM

Vrták CoroDrill 860-PM (obr. 4.2) je monolitní karbidový vrták, který umožňuje rychlé a hospodárné vrtání. Díky vynikajícímu odvodu třísek při obrábění materiálů, které tvoří krátké i dlouhé třísky, umožňuje vrták dosahovat vysokých rychlostí. Je určen zejména pro nelegované oceli, nízkolegované oceli, vysokolegované oceli, nízkouhlíkové oceli a oceli na odlitky. Tento typ vrtáku má unikátní tvar vyvinutý speciálně pro snižování řezných sil a kontrolu utváření třísek. Vrták má speciální hlazené řezné hrany, které zlepšují utváření třísek a snižují řeznou sílu. Společnost Sandvik Coromant uvádí, že vrták lze třikrát renovovat a tím dosáhnout významných úspor. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.2. [11].



Obr. 4.2 Vrták CoroDrill 860-PM [11].

Tab. 4.2 Parametry vrtáku [11].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Tolerance díry	Oblast použití dle ISO
3–20 mm	3–8·D	H8–H9	P, N, M

### CoroDrill 870

Vrták CoroDrill 870 (obr. 4.3) je vrták s výměnnou vrtací hlavicí. Vrták lze optimalizovat prostřednictvím volby průměrů a délek, které firma vyrábí na zakázku. Jednoduchá konstrukce zaručuje vyrobít díry mnohem efektivněji a rychleji. Výhodou tohoto typu vrtáku je, že výměnu vrtací hlavičky je možné provést, i když je vrták upnutý, a tím nedochází ke ztrátám času při obrábění. Vrták má optimalizovaný tvar a díky tomu má plynulý odvod třísek. Výrobce uvádí, že pokud budeme vrtat větší díru jak 6·D, tak je třeba vyvrtat nejprve díru vodící. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.3 [11].



Obr. 4.3 Vrták CoroDrill 870 [11].

Tab. 4.3 Parametry vrtáku [11].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Tolerance díry	Oblast použití dle ISO
10–33 mm	až 10·D	H9–H10	P, M, K, N, S

### CoroDrill 800

Vrták CoroDrill 800 (obr. 4.4) je určený pro vrtání hlubokých otvorů. Vrták používá speciální destičky tvaru L a G, které přispívají k vynikajícímu utváření a odvodu třísek. Pro celé pokrytí průměru vrtáku stačí jen několik velikostí břitových destiček. Vrtat můžeme do široké řady materiálů, při zachování skvělé kvality díry. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.4. [11].



Obr. 4.4 Vrták CoroDrill 800 [11].

Tab. 4.4 Parametry vrtáku [11].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Tolerance díry	Oblast použití dle ISO
25–65 mm	100–150·D	IT10	P, M, K, N, S

## 4.2 Walter

Firma Walter je jedna z největších světových výrobců a zároveň dodavatelů nástrojů pro obrábění kovů. Společnost vyrábí široký sortiment vrtáků a snaží se zaměřovat nejen na výrobky, ale kompletně na celý proces, který začíná pořízením nástroje, přípravu, použití a renovaci. Firma nabízí zakázkovou výrobu přesně na míru zákazníka a snaží se, aby zákazník získal maximum z výroby [12].

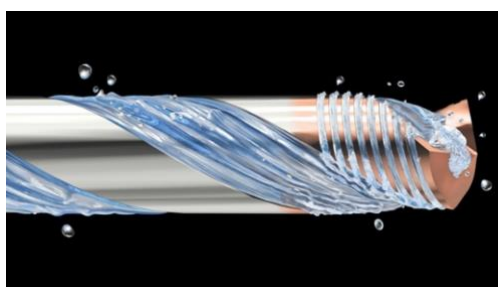
### Výběr vrtáků ze sortimentu firmy

#### Vrták DC 170

Vrták DC 170 (obr. 4.5) je vysoce výkonný a je vyroben ze slinutého karbidu. Používá vnitřní chlazení, kterým je potom doslova oplachován podél vodících fazetek ven. Tento speciální způsob chlazení (obr. 4.6) si firma vyvinula sama. Vrták má unikátní vedení vodících fazetek, které zaručují, že rušivé vibrace budou omezeny na minimum. Vrták má masivní karbidový základ přímo za fazetkou, který umožňuje odvádět i extrémní teplo bez problémů. Společnost uvádí, že vrták má oproti běžným vrtákům ze slinutého karbidu o 50 % delší životnost a o 35 % vyšší pracovní hodnoty. Je možné ho až třikrát renovovat. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.5 [12, 13].



Obr. 4.5 Vrták DC 170 [12].



Obr. 4.6 Chlazení vrtáku DC 170 [12].

Tab. 4.5 Parametry vrtáku [12, 13].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Tolerance díry	Oblast použití dle ISO
3–20 mm	3–20·D	H6	P, K

### Vrták DC 150

Vrtáky řady DC 150 (obr. 4.7) jsou univerzální vrtáky pro všestranné použití. Vyrobeny jsou ze slinutého karbidu a jsou vhodné pro velké množství materiálů při použití na malé až středně velké série. Vrtáky mohou být použity s olejem a emulzí. Firma vyrábí nástroje v různých velikostech a je možnost vybrat s vnitřním chlazením nebo bez chlazení. Varianty stopek jsou přizpůsobeny pro všechny běžné upínače při vrtání. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.6 [12, 13].



Obr. 4.7 Vrtáky řady DC 150 [12].

Tab. 4.6 Parametry vrtáku [12, 13].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Tolerance díry	Oblast použití dle ISO
3–20 mm	3–5·D	H6	P, M, K, N, S, H,

### Vrtáky XD

Vrtáky XD (obr. 4.8) jsou určeny pro hluboké vrtání. Vyrobeny jsou ze slinutého karbidu se speciálním povlakem špičky TTP. Mají vnitřní chlazení pro výborný odvod tepla a lze je použít pro vrtání v různých materiálových skupinách. Nástroje jsou vysoce přesné a dokážou vyvrtat hloubku až 70·D. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.7 [12].



Obr. 4.8 Vrtáky řady XD [12].

Tab. 4.7 Parametry vrtáku [12].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Tolerance díry	Oblast použití dle ISO
3–12 mm	40–70·D	H6	P, K, N

### Vrták D4140

Vrták D4140 (obr. 4.9) je nástroj s vyměnitelnými břitovými destičkami. Má vnitřní chlazení přímo u břitu, a tím zajišťuje optimální odvod třísky. Vrták má tvrzený a leštěný povrch, který zajišťuje dlouhou životnost a ochranu proti tření. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.8 [12].



Obr. 4.9 Vrták D4140 [12].

Tab. 4.8 Parametry vrtáku [12].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Tolerance díry	Oblast použití dle ISO
12–32 mm	3, 5, 7, 10·D	H8	P, M, K, N, S

### 4.3 Dormer Pramet

Společnost vznikla roku 2014 spojením dvou velkých výrobců Dormer Tools, která se specializuje na monolitní nástroje, a Pramet Tools, která se specializuje na nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu. Firma má pět školicích center, kde se snaží předat zákazníkům zkušenost a znalosti. Nejnovější školicí a zároveň výzkumné centrum společnost postavila v Šumperku [14].

### Výběr vrtáků ze sortimentu firmy

#### **Vrtáky Hydra**

Vrtáky Hydra (obr. 4.10) mají výměnnou karbidovou hlavu pro vysoce výkonné obrábění oceli, nerezavějící oceli a litin. Vrtáky mají výhodu, že při výměně hlavy není potřeba provádět vysunutí. Tělo je vyrobeno z tvrzené oceli s leštěným poniklovaným povrchem pro lepší otěruvzdornost. Do jednoho těla se může upnout vrtací hlava různých velikostí při zachování spolehlivosti a tuhosti systému. Vrtáky mají přívody řezné kapaliny v těle vrtáku, které navazují na výměnnou hlavu, a tím je přiváděna procesní kapalina přímo na břit. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.9 [14, 15].



Obr. 4.10 Vrtáky Hydra [15].

Tab. 4.9 Parametry vrtáku [14, 15].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Tolerance díry	Oblast použití dle ISO
12–42 mm	3, 5, 8-D	H7	P, M, K, S, H

#### **Vrták 804 D**

Vrtáky 804 D (obr. 4.11) s vyměnitelnými břitovými destičkami je možné použít jako rotační i stacionární. Vrtáky s pomocí vysovacího pouzdra mohou pracovat i mimo osu. Vrták má dvě břitové destičky. Vnitřní destička, která musí řezat při nulových řezných rychlostech, je z houževnatého materiálu s velmi pevným utvařečem. Vnější destička je otěruvzdorná a dovoluje nám zvýšit obvodovou rychlost oproti monolitním vrtákům až dvojnásobně. Vrták je vhodný pro přerušované vrtání i pro vrtání v nestabilních podmínkách. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.10 [14, 16].



Obr. 4.11 Vrták 804 D [13].

Tab. 4.10 Parametry vrtáku [13].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Tolerance díry	Oblast použití dle ISO
17–58 mm	2–5·D	IT8	P, M, K, S

### Vrták FORCE X

Vrtáky řady FORCE X (obr. 4.12) jsou vyrobeny z monolitního karbidu pro vrtání do nerezavějící oceli, uhlíkové oceli, legované oceli a neželezných materiálů. Vrtáky mají speciální dělenou špičku s úhlem 140° pro lepší kvalitu díry. Malé a střední vrtáky do délky 5·D jsou ve dvou variantách s vnitřním chlazením a bez chlazení. Pro hluboké otvory jsou pouze s vnitřním chlazením. Vrtáky mají povlak TiAlN. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.11 [14, 15].



Obr. 4.12 Vrtáky FORCE X [15].

Tab. 4.11 Parametry vrtáku [14, 15].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Tolerance díry	Oblast použití dle ISO
3–20 mm	3, 5, 8·D	IT8	P, M, K, N, S, H

#### 4.4 Stimzet

Společnost je český výrobce řezných nástrojů na otvory. Firma vyrábí vrtáky ve většině případů z rychlořezných oceli a používá různé druhy povlakování. Společnost si zakládá na kvalitním přístupu k zákazníkovi a poskytuje poradenství, servis i zakázkovou výrobu přesně na míru zákazníka [17].

##### Rozdělení vrtáků dle firmy

Základní rozdělení vrtáků je na vrtáky s válcovou a kuželovou stopkou. A dále se rozdělují dle firmy:

- krátká řada 3·D,
- střední řada 5·D,
- dlouhá, velmi dlouhá řada 10·D,
- slinutý karbid (SK),
- stupňovité,
- středící vrtáky, navrtáváky,
- levořezné 3–10·D.

##### Výběr vrtáků ze sortimentu firmy

##### **Vrták s válcovou stopkou krátký**

Vrták s válcovou stopkou krátký (obr. 4.13) je doporučený pro běžné vrtání na automatových a revolverových soustruzích. Je určený pro vrtání mnoho různých materiálů, např. nelegované i legované oceli, ocelolitiny do pevnosti 900 N/mm<sup>2</sup>, šedé litiny, tvárné litiny atd. Je vhodný i pro tenkostěnné materiály. Vrták je vyrobený vybrušováním. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.12 [17].



Obr. 4.13 Vrták s válcovou stopkou krátký [14].

Tab. 4.12 Parametry vrtáku [17].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Vrcholový úhel špičky	Materiál
7–14 mm	3·D	118°	HSS

### Vrták s válcovou stopkou povlakovaný TiN

Vrták s válcovou stopkou povlakovaný TiN (obr. 4.14) je určený k vrtání dílců z legované oceli a při vyšších řezných podmínkách pro ocelolitiny. Tento typ povlaku je jeden ze základních a má mikrotvrдость od 20–25 GPa. Výhodou je dobrá elasticita a zamezení adhezního ulpívání třísek z obrobku na nástroji oproti nepovlakovanému vrtáku. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.13 [17].



Obr. 4.14 Vrták s válcovou stopkou povlakovaný TiN [17].

Tab. 4.13 Parametry vrtáku [17].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Vrcholový úhel špičky	Materiál
1–20 mm	5·D	118°	HSS TiN

### Vrták s válcovou stopkou ze slinutého karbidu

Vrták s válcovou stopkou ze slinutého karbidu (obr. 4.15) povlakovaný TiAlN je určený k vrtání do součástek z niklu, litiny, tvrzené litiny (bílá), temperované litiny, nerezové oceli, oceli, ocelolitiny, titanu, mědi, bronzu, mosazi, hliníku a plastu. Povlak dosahuje mikrotvrdsti od 30–33 GPa a je vhodný pro vysokorychlostní obrábění. Díky povlaku má odolnost vůči vysokým teplotám. Základní parametry vrtáku jsou uvedeny v tab. 4.14 [17].



Obr. 4.15 Vrták s válcovou stopkou ze slinutého karbidu [17].

Tab. 4.14 Parametry vrtáku [17].

Průměr vrtáku	Hloubka díry	Vrcholový úhel špičky	Materiál
1–16 mm	8·D	118°	SK TiAlN

## ZÁVĚR

V dnešní době vrtací nástroje používá drtivá většina firem, která tvoří nemalou poptávku po kvalitních nástrojích. Na trhu je velký výběr vrtáků jak z rychlořezné oceli, tak ze slinutého karbidu, které se následně upravují povlakováním, a tím dosahují mnohem lepších vlastností. Mnoho výrobců své nástroje stále zdokonaluje a modernizuje na základě nových technologií. Vrtáky od firem byly vybírány dle toho, co firma na svých stránkách a letáčích nejvíce vyzdvihovala.

Firma Sandvik Coromant je jedním z předních výrobců nástrojů pro vrtání a zabývá se také výrobou nástrojů pro frézování a soustružení. V sortimentu této firmy můžeme najít vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami, monolitní karbidové vrtáky, vrtáky s vrtacími hlavicemi, vrtáky pro obrábění hlubokých děr a vrtáky pro obrábění kompozitních materiálů. Společnost nabízí poradenství v oblasti vrtání, kdy zadáte svůj problém nebo požadavek a firma se s Vámi snaží vymyslet co nejlepší řešení pro realizaci. Firma disponuje speciální aplikací pro chytré telefony, která dokáže konstruktérům pomoci optimálně nastavit všechny parametry. Jako nadstandardní službu nabízejí vlastní renovaci všech nástrojů z monolitního karbidu.

Firma Walter se řadí stejně jako firma Sandvik Coromant k celosvětově uznávané společnosti výrobců nástrojů pro vrtání. V nabídce mají vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami, monolitní karbidové vrtáky, vrtáky s vrtacími hlavicemi, vrtáky pro obrábění hlubokých děr. Firma nabízí program renovace pro veškeré své nástroje a zaručuje uvedení do skoro původního stavu. Společnost se svou nabídkou velmi podobá firmě Sandvik Coromant.

Firma Dormer Pramet nemá na první pohled tak rozsáhlou nabídku, ale díky připojení firmy Pramet Tools v roce 2014 firma nabízí kompletní sortiment jako předchozí dvě společnosti. Mají speciální program na zpětný výkup použitých monolitních vrtáků, frézek a břitových destiček, které potom zpracovávají a používají pro výrobu nových nástrojů.

Firma Stimzet je český výrobce a zabývá se pouze výrobou nástrojů pro otvory. Pro výrobu firma používá rychlořeznou ocel a slinutý karbid s následnou úpravou povlakováním. Společnost povlakuje metodou PVD a používá povlaky TiN (nitrid titanu), TiAlN (titan aluminium nitrid). V nabídce má širokou škálu poradenství a program pro vývoj a výrobu vrtáků přesně na míru zákazníka.

Ve srovnání všech čtyř společností jsme dospěli k názoru, že není úplně možné porovnat nabídku nástrojů, protože každá firma klade důraz na trochu jiné vlastnosti nástrojů. A v konečném důsledku se stejně musí rozhodnout sám zákazník, který výrobce je pro něj optimální jak z pohledu ceny, tak z pohledu požadovaných vlastností nástroje. Pokud bude zákazník řešit i ostatní nástroje, tak si určitě vybere společnost, která má možnost komplexního pokrytí nástroji, a tím pádem i za výhodnější ceny.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *WINTECH* [online]. 2017 [cit. 2017-02-12]. Dostupné z: <http://www.wintech.cz/cs/visimpex-standard/katalog/vrtaky-do-kovu-litiny-plastu-apod-209>
2. HUMÁR, Anton. *Technologie I – Technologie obrábění - 2. část* [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf)
3. *Tumlikovo* [online]. 2010 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/druhy-vrtaku/>
4. *Elektronická učebnice* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1213>
5. KOCIÁNOVÁ, Valina. Výhody vrtáků s VBD. *MM spektrum* [online]. 2012, 60 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vyhody-vrtaku-s-vbd.html>
6. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
7. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
8. BENEŠOVÁ, Dana. Vrtací hlavice nabízejí nové možnosti. *MM spektrum* [online]. 2012, (120513) [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vrtaci-hlavice-nabizeji-nove-moznosti.html>
9. BOSMAN, Oldřich. Vrtání hlubokých otvorů na obráběcích centrech. *MM Spektrum* [online]. 2006, (060707) [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vrtani-hlubokych-otvoru-na-obrabecich-centrech.html>
10. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Výrobní technologie II: Obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. ISBN 80-214-2189-4.
11. *Sandvik Coromant* [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/Pages/drilling-tools.aspx>

12. *Walter* [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z:  
[https://www.walter-tools.com/cs-cz/tools/standard\\_products/holemaking/overview/drilling/Pages/default.aspx](https://www.walter-tools.com/cs-cz/tools/standard_products/holemaking/overview/drilling/Pages/default.aspx)
13. *Nové výkonné nástroje pro vaše obrábění* [online]. Germany, 2015 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z:  
<http://www.stools.cz/public/files/documents/walter-product-innovations-cz.pdf>
14. *Dormer Pramet* [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z:  
<https://www.dormerpramet.com/cs-cz/products/hole-making/solid-drills>
15. *DORMER Nové výrobky* [online]. 2017 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z:  
[https://www.dormerpramet.com/downloads/dormer\\_brochure\\_2017.1\\_cz.pdf](https://www.dormerpramet.com/downloads/dormer_brochure_2017.1_cz.pdf)
16. *ECatalog Pramet Tools s.r.o.* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z:  
<http://ecat.pramet.com/default.aspx>
17. *STIMZET nástroje na otvory* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z:  
<http://www.stimzet.cz>
18. HUMÁR, Anton. *Technologie I – Technologie obrábění - 1. část* [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z:  
[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)
19. *Technology-support* [online]. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z:  
<https://www.t-support.cz/kat/rychlorezna-ocel-1>
20. HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM Publishing, 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.
21. HOŘEJŠ, Slavomír. *Povlakování nástrojů metodou PACVD*. *MM Spektrum* [online]. 2008, (080436) [cit. 2018-05-12]. Dostupné z:  
<https://www.mmspektrum.com/clanek/povlakovani-nastroju-metodou-pacvd.html>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

<b>Zkratka</b>	<b>Popis</b>
Al	Hliník
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Oxid hlinitý
C	Uhlík
CNC	Computer Numeric Control
Co	Kobalt
Cr	Chrom
Cu	Měď
CVD	Chemical Vapour Deposition = chemické napařování z plynné fáze
ČSN	Česká technická norma
Fe	Železo
H6,7,8,9,10	Tolerance díry
HF, HW	Symbol značení slinutého karbidu
HRC	Tvrdość dle Rockwella
HSS	High Speed Steel = rychlořezná ocel
ISO	International Organization for Standardization = Mezinárodní organizace pro normalizaci
IT8,10	tolerance díry
MCVD	Middle Temperature Chemical Vapour Deposition = chemické napařování při střední teplotě
Mo	Molybden
NbC	Karbid niobu
NC	Numerical Control
Ni	Nikl
PACVD	Plasma Assited Chemical Vapour Deposition = chemické napařování plazmou
PVD	Physical Vapour Deposition = fyzikální napařování
SK	Slinutý karbid
TaC	Karbid tantalu
Ti	Titan
TiAlN	Nitrid hliníku titanu
TiC	Karbid titanu
TiCN	Karbonitrid titanu
TiN	Nitrid titanu
TTP	Název povlaku firmy Walter
V	Vanad
W	Wolfram

Symbol	Jednotka	Popis
$A_D$	mm <sup>2</sup>	Jmenovitý průřez třísky
$C_{Ff}, C_{Fc}$	-	Konstanty vyjadřující vliv obráběného materiálu
$D$	mm	Průměr vrtáku
$F_c$	N	Řezná síla
$F_f$	N	Posuvová síla
$F_p$	N	Pasivní síla
$L$	mm	Délka vrtáku
$P_c$	kW	Řezný výkon
$P_{fe}$	-	Pracovní boční rovina
$X_{Ff}, X_{Fc}$	-	Exponenty vyjadřující průměr vrtáku
$Y_{Ff}, Y_{Fc}$	-	Exponenty vyjadřující posuv na otáčku
$a_p$	mm	Šířka záběru ostří
$b_D$	mm	Jmenovitá šířka třísky
$d$	mm	Průměr předvrtaného otvoru
$f$	mm	Posuv nástroje
$f_z$	mm	Posuv na břit
$l$	mm	Délka vrtané díry
$l_n$	mm	Náběh vrtáku
$l_p$	mm	Přeběh vrtáku
$n$	min <sup>-1</sup>	Otáčky
$t_{AS}$	min	Strojní čas
$v_c$	m.mm <sup>-1</sup>	Řezná rychlost
$v_e$	m.mm <sup>-1</sup>	Rychlost řezného pohybu
$v_f$	mm.mm <sup>-1</sup>	Posuvová rychlost
$Z$	-	Počet břitů
$\pi$	-	Matematická konstanta
$\alpha$	°	Úhel hřbetu
$\varepsilon$	°	Vrcholový úhel
$\eta$	°	Úhel řezného pohybu
$\varphi$	°	Úhel posuvového pohybu
$\kappa_r$	°	Pracovní úhel nastavení hlavního ostří
$\lambda$	°	Úhel sklonu šroubovice