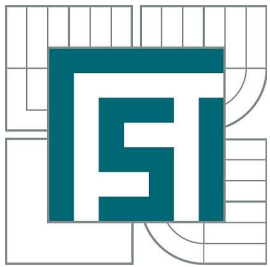


**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# OSTŘENÍ A VÝROBA STANDARDNÍCH NÁSTROJŮ NA CNC BRUSCE WALTER

SHARPENING AND PRODUCING STANDARD TOOLS ON A CNC GRINDER WALTER

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**PETR MARTINEK**

**VEDOUČÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. MILAN KALIVODA**

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Petr Martinek  
který/která studuje v **bakalářském studijním programu**  
obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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

### **Ostření a výroba standardních nástrojů na CNC brusce Walter**

v anglickém jazyce:

### **Sharpening and producing standard tools on a CNC grinder Walter**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Představení CNC brusky (technické parametry, softwarová vybavenost, možnosti využití). Rozbor vhodných standardních nástrojů (typy, materiály, povlakování). Návrh řešení ostření vytipovaného nástroje. Zhodnocení procesu ostření.

Cíle bakalářské práce:

Odborná znalost problematiky ostření standardních nástrojů na CNC brusce. Doložení konkrétním příkladem (vzorkem). Ekonomické posouzení.

Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

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

V Brně, dne 24.11.2010

L.S.



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

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

## ABSTRAKT

Bakalářská práce představuje moderní pětiosý CNC stroj HELITRNIC POWER od firmy Walter Maschinenbau GmbH, který je určený pro přeastření a výrobu rotačních, řezných nástrojů. V projektu jsou uvedeny nejčastěji používané druhy nástrojů, jejich materiály a povrchová úprava (povlakování). Dále je zde popsán postup výroby-přeastření nástrojů s využitím ovládacího softwaru Tool Studio, kdy je uvažována problematika vhodných kotoučů a upínacích prostředků. Závěrem je stanoveno ekonomické posouzení nákladnosti stroje.

### Klíčová slova

CNC, Helitronic Power, Tool Studio, slinutý karbid, řezné nástroje

## ABSTRACT

This bachelor's thesis presents a modern five-axis CNC machine HELITRNIC POWER from the company Walter Maschinenbau GmbH, which is designed for sharpening and production of rotary, cutting tools. The project provided the most commonly used types of tools, their materials and surface treatment (coating). Furthermore, there is described the production process and sharpening of tools using control software Tool Studio, when considered appropriate wheels and clamping devices. Finally, it provided an economic assessment of costly equipment.

### Key words

CNC, Helitronic Power, Tool Studio, cemented carbide, cutting tools

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MARTINEK, P. *Ostření a výroba standardních nástrojů na CNC brusce Walter*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 80 s., příloh 8. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma ***Ostření a výroba standardních nástrojů na CNC brusce Walter*** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

27. 5. 2011

.....  
Petr Martinek

## Poděkování

Tímto děkuji všem zainteresovaným pracovníkům, kteří mi byli při sestavování mé bakalářské práce nápomocní. Hlavní poděkování za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce patří vedoucímu bakalářské práce Ing. Milanu Kalivodovi.

## OBSAH

Abstrakt .....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah .....	7
Úvod .....	9
1 CNC BRUSKA HELITRONIC POWER .....	10
1.1 Technická data .....	12
1.2 Základní ovládání stroje.....	15
2 STANDARDNÍ NÁSTROJE VHODNÉ PRO PŘEOSTŘENÍ A VÝROBU NA STROJI HELITRONIC POWER.....	20
3 MATERIÁLY PRO ŘEZNÉ NÁSTROJE .....	25
3.1 Slinuté karbidy (SK).....	26
3.1.1 Rozdělení a značení SK.....	26
3.2 Řezná keramika .....	27
3.3 Cermety .....	28
3.4 Super tvrdé řezné materiály .....	29
3.5 Nástrojové oceli.....	29
4 POVLAKOVÁNÍ.....	31
4.1 Princip .....	31
4.2 Základní metody.....	32
4.3 Vlastnosti vrstev .....	32
4.4 Běžně užívané povlaky .....	33
4.5 Vývoj povlaků.....	34
4.6 Příklad porovnání výkonnosti nástroje při vrtání.....	35
5 BROUSICÍ KOTOUČE.....	36
5.1 Diamantové (D) a KBN (B) brousicí kotouče.....	36
5.2 Materiály brousicích kotoučů používaných převážně na konvenčních strojích .....	37
5.3 Pojiva korundových brousicích kotoučů a jejich značení .....	38
5.4 Koncentrace brusiva (K) .....	38
5.5 Zrnitost.....	39
5.6 Chlazení .....	39
5.7 Upínání .....	39
5.8 Čištění-oživování.....	39
5.9 Příklad označení brousicího kotouče.....	40
5.10 Tvary brousicích kotoučů dle norem FEPA.....	41
5.11 Sestavy kotoučů .....	45
6 UPÍNACÍ PROSTŘEDKY POUŽÍVANÉ NA STROJI HELITRONIC POWER.....	46
7 PŘÍKLAD VÝROBY-PŘEOSTŘENÍ NÁSTROJE NA STROJI HELITRONIC POWER.....	50
7.1 Geometrie nástroje .....	50
7.2 Postup programování nástroje.....	51
7.3 Rozbor jednotlivých operací.....	57
7.4 Vzhled hotového nástroje .....	65
7.5 Spuštění programu na stroji .....	66

7.6 Kolize .....	67
7.6.1 Kolize nezjistitelné systémem .....	67
7.6.2 Kolize zjistitelné systémem.....	67
7.7 Zhodnocení procesu výroba-ostření .....	69
7.8 Testování nástroje .....	69
8 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ NÁKLADNOSTI.....	72
Závěr .....	74
Seznam použitých zdrojů .....	75
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	78
Seznam příloh.....	80



## ÚVOD

Základní stavební kameny CNC strojů sahají až do doby konce druhé světové války, kdy požadavky v leteckém, zbrojním průmyslu a dalších odvětvích vyžadovaly vyšší nároky na produktivitu a přesnost obrábění. Za pomoci stávajících konvenčních strojů nemohly být tyto podmínky splněny. Toto dalo impuls k vývoji pružných výrobních systémů, ve kterých jsou zdůrazňovány údaje potřebné k dosažení požadované přesnosti. [1]

Za zakladatele moderních CNC strojů je považován John T. Parsons, který byl schopný za pomoci počítače IBM vytvořit mnohem přesnější obrys dané součásti než za pomoci ručních výpočtů, nákresů a díky tomu získal zakázku na výrobu lopatek rotoru vrtulníku, kde bylo vyžadováno přesné obrábění složitých tvarů. [2]

V průběhu 90. let se u nás obměnil strojový park. Začaly se využívat CNC stroje zaměřené na třískové obrábění s využitím nástrojů ze slinutého karbidu, kdy pro optimální využití těchto nástrojů musí být splněny následující podmínky:

- výkonný obráběcí CNC stroj,
- stroje musí mít dostatečné otáčky (alespoň  $10\,000\text{ ot. min}^{-1}$ ),
- vysoká tuhost ve vztahu stroj-nástroj-obrobek,
- vnitřní chlazení nástroje (až 120 barů).

Tyto nástroje vyžadují kvalitní ostření a případné povlakování, které zlepšuje životnost, vlastnosti nástroje a dochází k obnově na shodné vlastnosti jako má nástroj nový.

Tento trend dal podnět ke vzniku samostatných ostřírů (již nebyly součástí podniku) vybavených CNC nástrojovými bruskami a firmám, zabývajících se povlakováním nástrojů.

Ostřírny se postupem času zaměřily i na samotnou výrobu nástrojů ze slinutého karbidu, kdy je základem kvalitně zpracovávaný materiál a moderní CNC stroj.

Hlavním cílem této bakalářské práce je přiblížení výše uvedené problematiky a představení CNC nástrojové brusky Helitronic Power a jejího ovládní pomocí programu Tool Studio.



Obr. 1. Helitronic Power [3]

## 1 CNC BRUSKA HELITRONIC POWER

Mezi výrobci CNC nástrojařských brusek zaujímá významné místo německá firma Walter Maschinenbau GmbH s pobočkou WALTER Kuřim s.r.o. v České republice, mezi jejichž produkty patří stroj Helitronic Power, který disponuje pěti pohyblivými osami, vysokým výkonem, výbornou kinematikou a dostatečnou tuhostí, která výrazně zabezpečí tlumení vibrací.

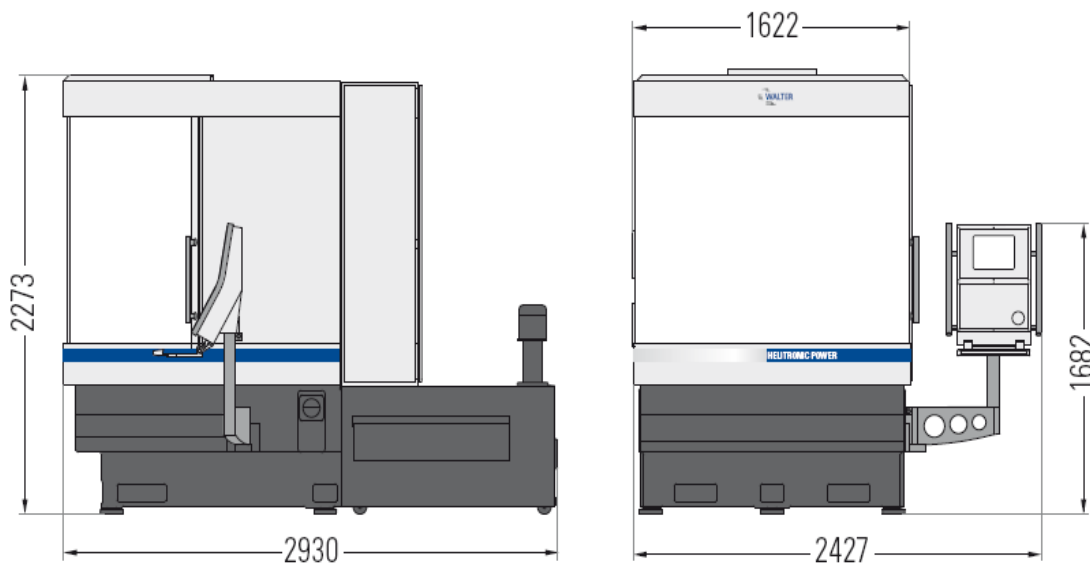


Obr. 1.1 Helitronic Power [3]

Tab. 1.1 Základní části stroje [4]

<p><b>WALTER PORTAL DESIGN</b> Díky vysoké hmotnosti a extrémní tuhosti základní konstrukce, kterou si Walter nechal i patentovat, je možné využít vysokého výkonu stroje a přitom je dodržena přesnost ostření-výroby =&gt; zamezení chvění.</p>	 A large industrial grinding machine with a prominent white and grey portal frame structure, designed for high precision and stability.
<p><b>TWIN-SPINDLE GRINDING HEAD</b> Na dvojitě vřeteno je možné upnout dva trny a ty osadit až šesti kotouči.</p>	 A close-up view of a twin-spindle grinding head, showing two grinding wheels mounted on a single spindle, with various mechanical components and cables visible.
<p><b>FANUC CONTROL SYSTÉM</b> Stroj využívá nejnovější řídicí systém od společnosti FANUC s označením 310i, který precizně ovládá pohony.</p>	 A FANUC 310i control panel, featuring a color LCD screen displaying graphical information and a keypad with numerous buttons for manual operation.
<p><b>AUTOMATIC POSITIONING AND MEASURING SYSTÉM HELI-PROBE</b> Sonda zjišťuje polohu a potřebné parametry nástroje v co nejkratším čase, což je předpoklad produktivity.</p>	 A close-up of a Heli-Probe measuring system, showing a fine-tipped probe tip in contact with a polished metal workpiece.

## 1.1 Technická data

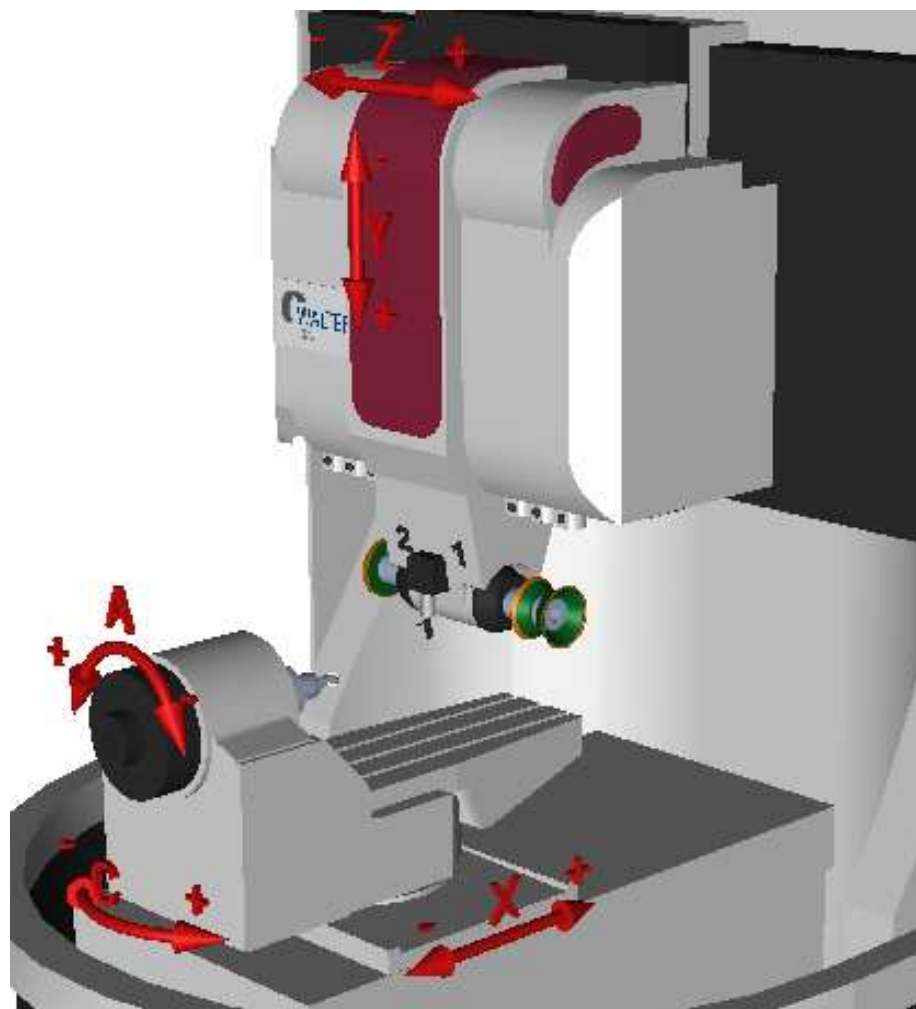


Obr. 1.2 Rozměry stroje [4]

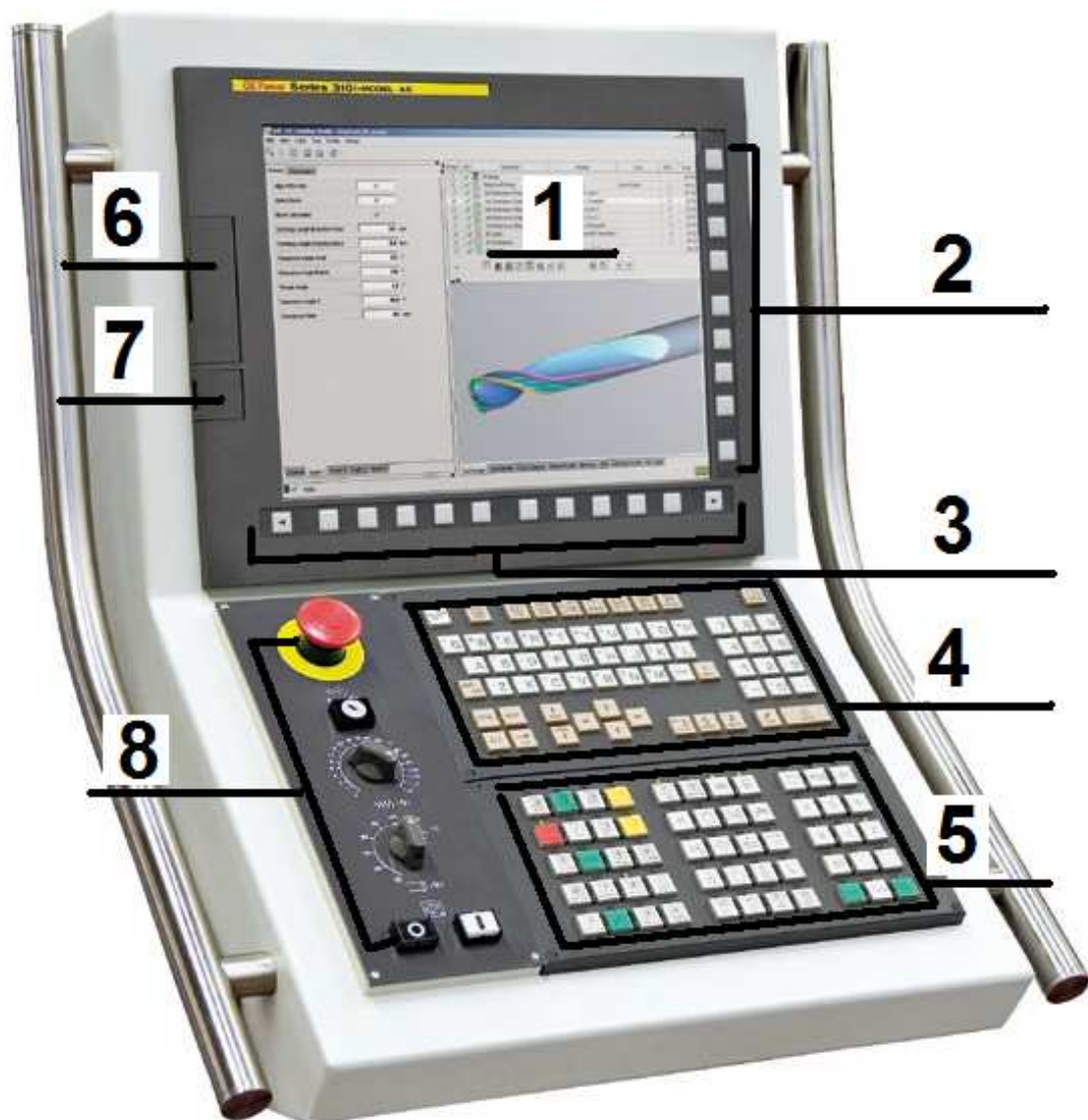
Tab. 1.2 Technická data [5]

<b>Osy</b>	
Osa x (podélný pohyb) max. rychlost	470 mm 15 m.min <sup>-1</sup>
Osa Y (vertikální pohyb) max. rychlost	330 mm 15 m.min <sup>-1</sup>
Osa Z (příčný pohyb) 2- vřetenový max. rychlost	660 mm 15 m.min <sup>-1</sup>
Osa C (rozsah natáčení) max. rychlost	±200° 20 min <sup>-1</sup>
Osa A	∞
<b>Přesnost</b>	
Lineární rozlišení	0,0001 mm
Radiální rozlišení	0,0001°
<b>Data nástroje</b>	
Max. průměr	320 mm
Max. délka obrobku:	
Broušení obvodem kotouče	350 mm
Broušení čelem kotouče	280 mm
Max. hmotnost obrobku	50 kg
<b>Brousící hlava se 2 vřeteny</b>	
Průměr vřetena	80 mm
Max. průměr brousícího kotouče	200 mm
Ventily chladiva na každé zakončení vřetena	3
Maximální výkon	11,5 kW
Otáčky brousícího vřetena	0-9.500 min <sup>-1</sup>

<b>Hmotnost</b>	
Stroj	cca. 4 300 kg
Stroj s odlučovačem výparů	cca. 4 500 kg
<b>Elektrická přípojka</b>	
Připojovací výkon při 400 V / 50 Hz	cca. 25 kVA
<b>Přípojka stlačeného vzduchu</b>	
Min. pracovní tlak	6 barů
Spotřeba vzduchu	8000 dm <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>
<b>Chladicí systém</b>	
Pásový filtr	
Objem nádrže	400 dm <sup>3</sup>
Výkon čerpadla	120 l/min při tlaku 7 barů
<b>Hladina hluku</b>	
Hladiny hlučnosti podle DIN EN ISO 3744	< 70 db



Obr. 1.3 Pohyblivé osy [6]



Obr. 1.4 Obslužný panel [4]

Části ovládacího panelu:

1. Obrazovka (LCD 15" touchscreen)
2. Funkční klávesy systému Fanuc 310i
3. Funkční klávesy F1 až F10
4. Standardní CNC klávesnice Fanuc
5. Obslužná klávesnice
6. Paralelní rozhraní
7. Rozhraní USB
8. Nouzové vypnutí stroje a vypnutí pohonů



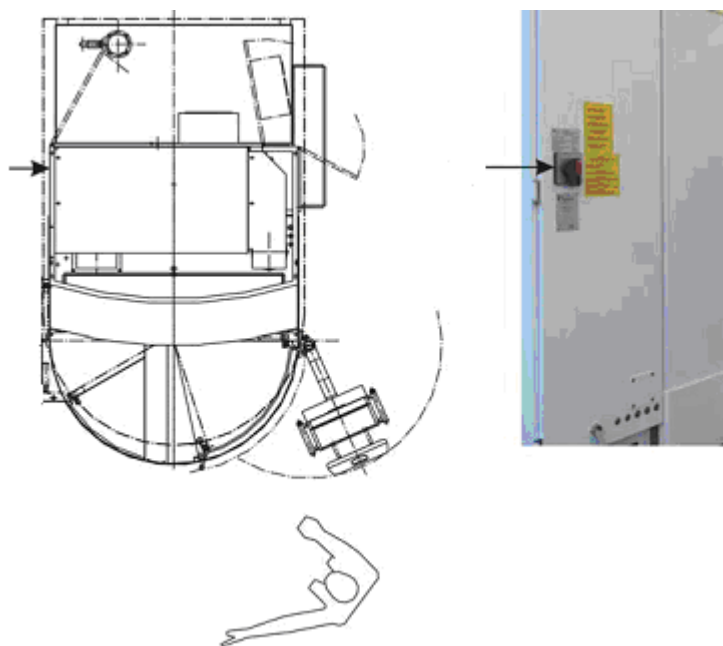
## 1.2 Základní ovládání stroje

K obsluze stroje postačuje několik základních prvků, které budou níže popsány i s grafickým zobrazením.

### 1. Vypínání a zapínání stroje

Zapnutí spočívá v pootočení vypínače o jednu polohu po směru hodinových ručiček. Vypnutí nastane po vrácení vypínače do původní polohy.

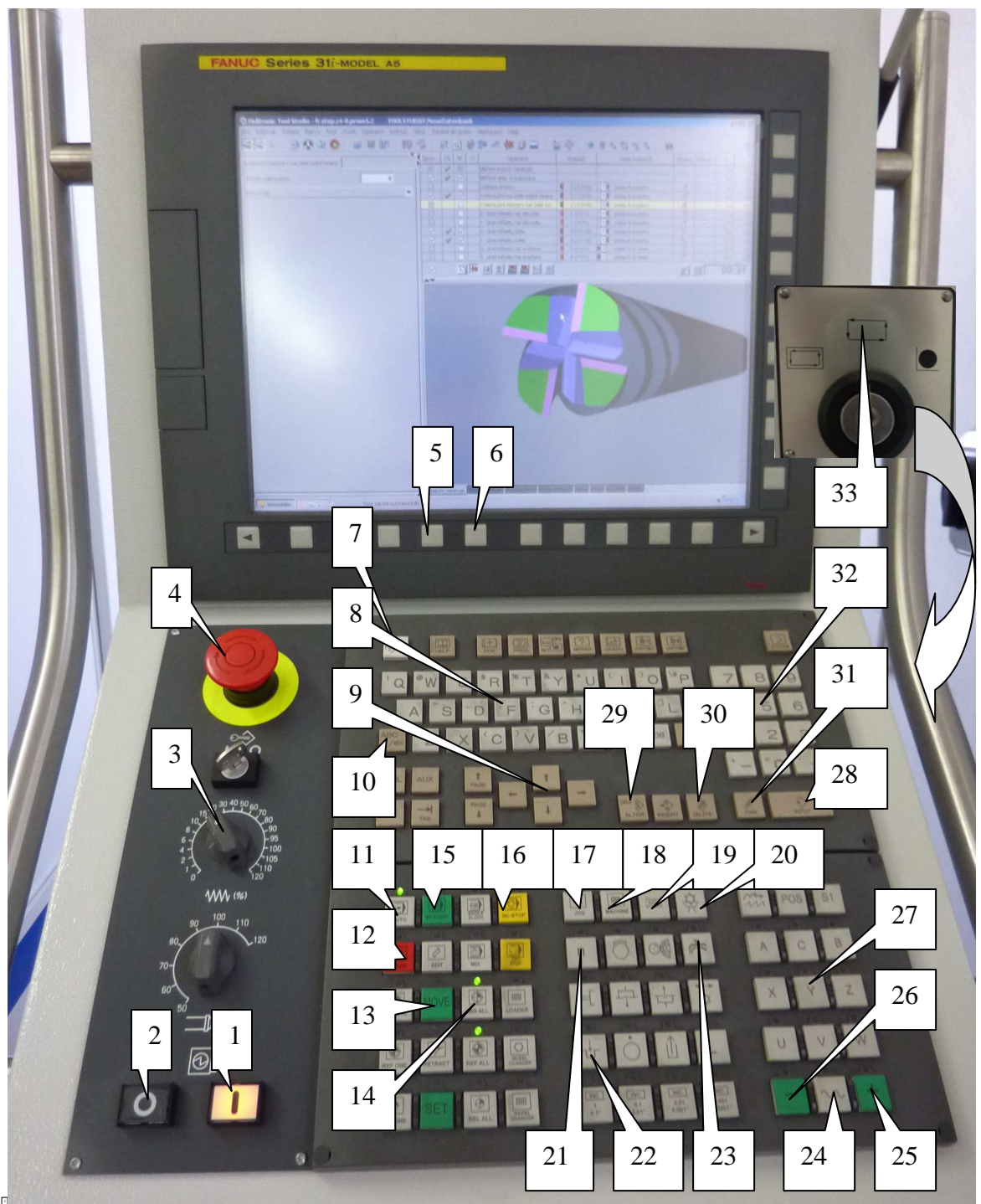
Spínač se nachází na levé boční stěně ve vzdálenější horní části.



Obr. 1.5 Popis funkčních částí [6]

### 2. Ovládací panel





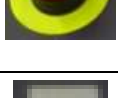





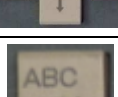



Ovládací panel je na pohyblivém rameni a obsluha si může jeho polohu nastavit dle vlastní potřeby. Na obr. 2.2 jsou uvedeny odkazy na nejpoužívanější klávesy a v následující tab. 1.3 jsou vysvětleny funkce kláves.





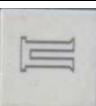

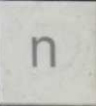














Obr. 1.6 Popis funkčních částí [6]



Tab. 1.3 Funkční klávesy ovládacího panelu [5]

Číslo	Symbol	Název	Popis
1		Funkční klávesa zapínací	Aktivace pracovního prostoru stroje (pohony, světlo atd.).
2		Funkční klávesa vypínací	Deaktivace pracovního prostoru stroje (pohony, světlo atd.).
3		Potenciometr	Regulace rychlosti průběhu operací za chodu stroje.
4		Spínač nouzového vypnutí	Po sepnutí se zastaví veškerá činnost stroje, pro opětovné zprovoznění je nutné vrátit spínač do původní polohy pootočením po směru hodinových ručiček.
5		Klávesa F4	Načtení programu z Tool Studia do stroje .
6		Klávesa F5	Zobrazení simulace nástroje.
7		Zrušení	Dojde k zastavení a zrušení celého probíhajícího cyklu.
8		Písmenové klávesy	Zadávání písmen a ostatních znaků.
9		Kurzorové klávesy	Kurzorové klávesy umožňují pohyb čtyřmi směry (doleva, doprava, nahoru, dolů).
10		Režim velkých a malých písmen	Tato klávesa přepíná mezi malými a velkými písmeny.
11		NC-provozní režim automatika	Stroj se přepne do režimu AUTO, kdy je možné automatické zreferování os a spuštění programu.
12		Chybu smazat	Odstranění chybového hlášení.
13		Odjetí os	V režimu AUTO spustí odjetí zvolených os do referenčních bodů.
14		Najetí absolutních nulových bodů	V režimu AUTO dojde po potvrzení klávesou MOVE k najetí os do absolutních nulových bodů.

Číslo	Symbol	Název	Popis
15		Start cyklu	Spuštění načteného programu, v případě pozastavení programu klávesou NC-stop dojde k opětovnému zpuštění.
16		Zastavení cyklu	Zpracovávání zvoleného NC-programu i veškeré pohyby ve stroji se zastaví.
17		NC-provozní režim ruční	Umožňuje ručně pojíždět osami a ostatní ruční funkce stroje.
18		Dveře stroje	Odjištění a zajištění předních dveří při nečinnosti stroje.
19		Upínací přípravek	Dojde k upnutí případně uvolnění upínacího prostředku.
20		Odlučovač výparů	Zapnutí odlučovače výparů stroje (pokud není zapnutý, nelze spustit výrobní cyklus).
21		Zapnutí brousicího vřetene	V provozním režimu seřízení lze zapnout motor brousicího vřetene (směr otáček je volen klávesami + a -).
22		Aretace brousicího vřetene	V ručním provozním režimu seřízení dojde k zamezení protáčení brousicího vřetene, což umožňuje povolení sady brousicích kotoučů.
23		Chladicí zařízení	Dojde k aktivaci případně deaktivaci chladicího zařízení.
24		Rychloposuv	Současným stiskem této klávesy během manuálního pojíždění osami dojde ke zvýšení rychlosti posuvu.
25		Pojezd směrem +	Při zvolené ose umožňuje pojíždění ve směru +.
26		Pojezd směrem -	Při zvolené ose umožňuje pojíždění ve směru -.
27		Volba osy	Stisknutím jedné z těchto os se zvolí příslušná osa a s ní je možné pohybovat.

Číslo	Symbol	Název	Popis
28		Klávesa zadání	Potvrzení zadaných hodnot (obdobná funkce jako klávesa Enter).
29		Editační klávesa	Změna pohledu na aktuální simulaci.
30		Klávesa mazání	Odstranění znaku před kurzorem.
31		Klávesa mazání	Odstranění posledního zadaného znaku.
32		Číslicové klávesy	Zadávání písmen a ostatních znaků.
33		Měnič režimu	<p>Svislá poloha klíče- provozní režim výroby (nejčastější poloha určená pro běžný pracovní chod stroje, kdy je s osami možné pojíždět pouze se zavřenými dveřmi).</p> <p>Klíč na dvou hodinách- provozní režim seřízení (nelze spustit výrobní proces, s osami lze pojíždět při otevřených dveřích, možná aretace vřetene a výměna sady brousicích kotoučů).</p>

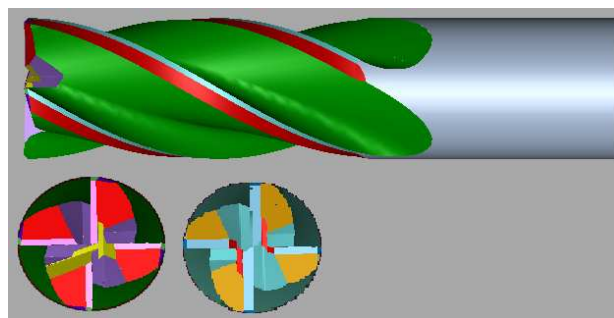
## 2 STANDARDNÍ NÁSTROJE VHODNÉ PRO PŘEOSTŘENÍ A VÝROBU NA STROJI HELITRONIC POWER.

Základem kvalitního a efektivního obrábění je vhodně zvolený nástroj. Každý materiál si žádá jiný přístup (jiný počet břitů, jinou geometrii frézy, jiný úhel zkosení břitu, jinou povrchovou úpravu materiálu a také rozdílné řezné podmínky).

Mezi nejčastěji používané monolitní nástroje patří:

- **Čelní fréza čtyřbřitá**

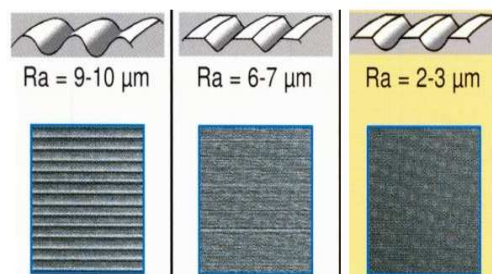
Vhodná pro hrubování i dokončování rovných ploch. Nestandardní úpravou geometrie se dosahuje lepších vlastností frézy. Je možné zvolit nestejnou hloubku drážek, rozdílné úhly stoupání šroubovic drážek, nerovnoměrnou rozteč zubů. Tyto úpravy odstraňují, příp. omezují častý problém frézování (chvění), výrazně zvyšují tuhost celého obráběcího uzlu, což umožňuje nejen zvýšení výkonu obrábění, ale i přesnost tvaru a kvality obrobeného povrchu. Tím lze dosáhnout rychlejší a kvalitnější obrábění, které uživateli přináší časové i nákladové úspory. [23]



Obr. 2.1 Univerzální čelní fréza čtyřbřitá [6]

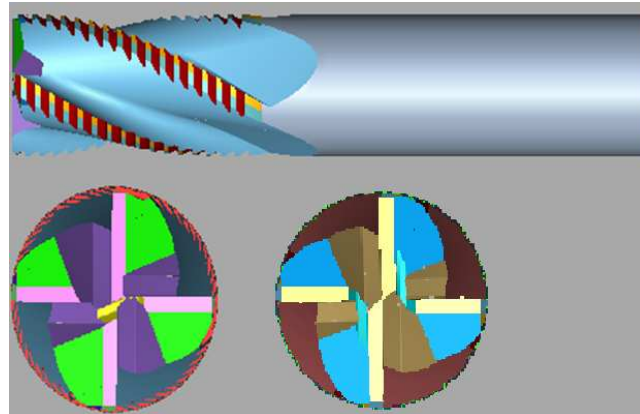
- **Hrubovací fréza**

Obvod frézy je tvořen lamači, viz obr. 3.2, které jsou na každém zubu rozmístěny tak, aby navzájem překrývaly vzniklé mezery. Tento typ frézy slouží převážně pro hrubovací operace při frézování rovinných ploch houževnatých ocelí, kdy dochází k úspoře času díky možnosti většího záběru. Další výhodou je lámání (drobení) třísky při obrábění materiálů, u kterých dochází ke vzniku dlouhé táhlé třísky a jejího hromadění v oblasti frézování. [23]



Obr. 2.2 Tvary lamačů [24]

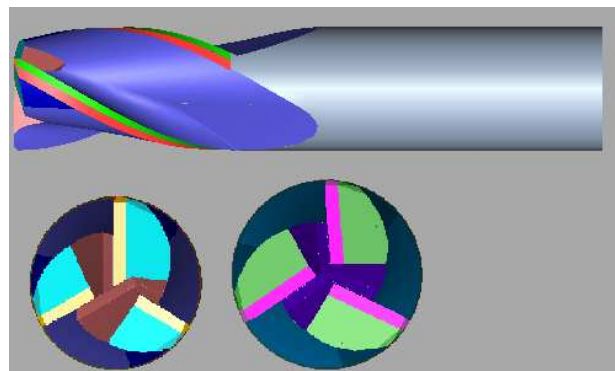
Nevýhodou tohoto nástroje je nutnost použití dokončovacích fréz, k dosažení nižší drsnosti povrchu. Geometrie dnešních fréz s lamači však umožňuje obrábět povrch při dosažení drsnosti až  $Ra = 2-3 \mu m$ , což je mnohdy dostačující. Ostření tohoto typu fréz je možné pouze v drážce a na čele. [23]



Obr. 2.3 Hrubovací fréza s lamači třísky [6]

- **Čelní fréza tříbřitá**

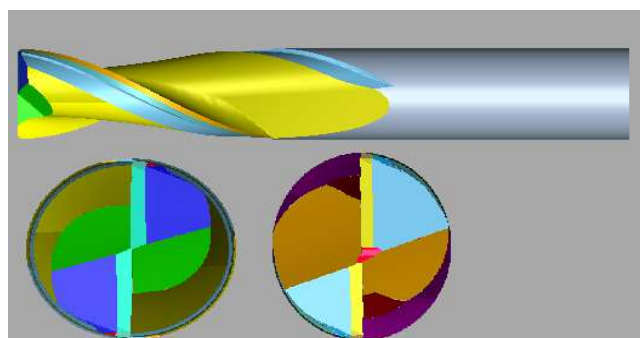
Díky většímu prostoru pro odvod třísek jsou vhodné pro vysokorychlostní frézování převážně slitin Al a CU. Při kratší délce šroubovice se mohou použít i na frézování drážek do dřeva. [23]



Obr. 2.4 Univerzální čelní fréza tříbřitá [6]

- **Dvoubřitá (drážkovací) fréza**

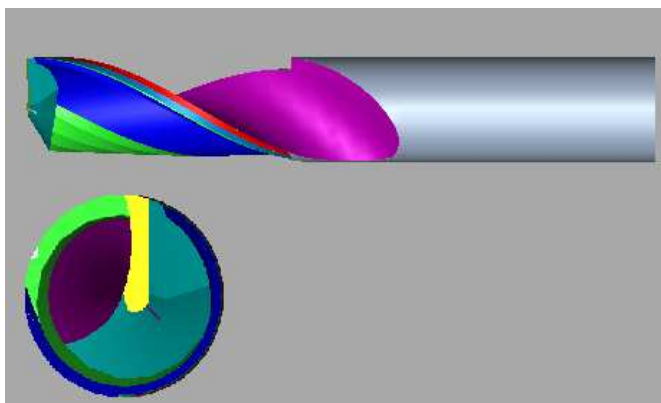
Dva břity zaručují dostatečný prostor pro odvod třísky nejen při frézování podélném, ale i při zavrtávání do hloubky (kratší otvory-předlité díry). [23]



Obr. 2.5 Dvoubřitá fréza [6]

- **Jednobřítá fréza**

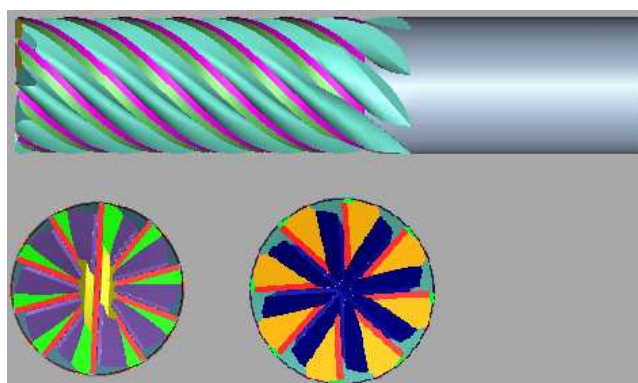
Jeden břít zajišťuje maximální prostor pro odvod třísky. Jednobříté frézy jsou mimořádně vhodné pro kombinované plastové materiály s rozdílnou tvrdostí komponent. Své uplatnění nacházejí i v oblasti obrábění Al slitin, kde je však nutné použít nejjemnější SK a při výrobě dbát na dosažení velmi jemného povrchu, aby byl zajištěn co nejplynulejší odvod třísky, jelikož dochází často k rychlému zanesení drážky díky nízké teplotě tavení hliníku. Vhodné jsou i na obrábění dřeva. [23]



Obr. 2.6 Jednobřítá fréza [6]

- **Dokončovací fréza**

Kombinací vyššího počtu zubů, většího stoupání šroubovice a šířky jádra (plytčejší drážky) zaručuje nepřerušovaný záběr i u malých hodnot  $a_p$ ,  $a_e$  a tím je dosaženo vysoké kvality povrchu, kolmosti nebo rovnoběžnosti. [23]



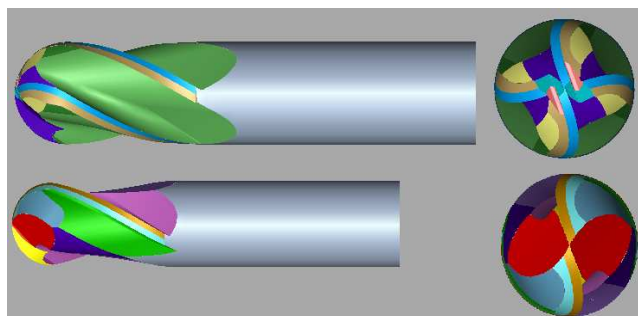
Obr. 2.7 Dokončovací fréza [6]

- **Kopírovací fréza**

Při kopírovacích, hrubovacích operacích, kdy vzniká větší množství třísek, je volena fréza dvoubřítá s větším prostorem pro odvod třísky. Při kratší šroubovice je možno s dvoubřítými kopírovacími frézami i zavrtávat.

Pro polodokončování a obecné aplikace se z důvodu vyšší produktivity volí nástroj se čtyřmi břity. [23]

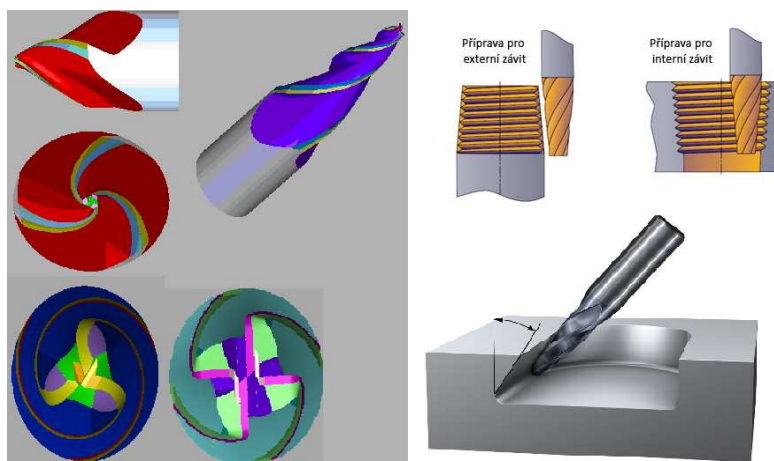




Obr. 2.8 Kopírovací fréza [6]

- **Kuželová fréza**

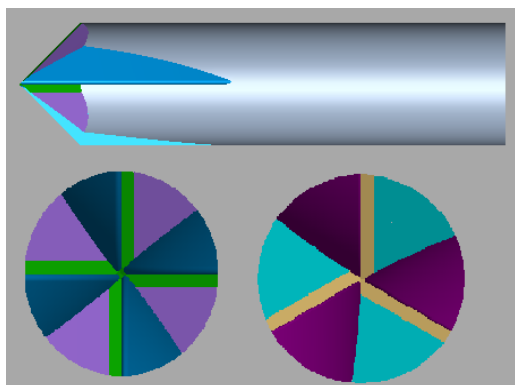
Jsou zhotoveny převážně dle požadovaných parametrů zákazníka, kdy je zadán vrcholový úhel, délka břitu a případně rohový či plný rádius na čele. Monolitní kuželové stopkové frézy se používají pro přípravu frézování kuželových závitů před operací frézování závitu, pro úhlové frézování stěn při možnosti svislé polohy nástroje nebo jeho naklonění. [23]



Obr. 2.9 Kuželová fréza [6], [23], [24]

- **Srážec hran**

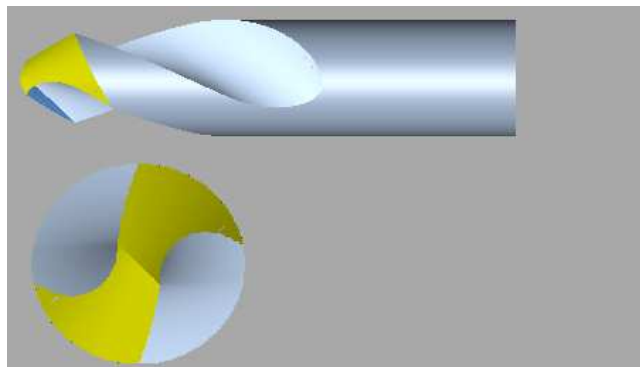
Slouží ke srážení hran a odjehlování ostrých přechodů. Vrcholový úhel bývá většinou  $90^\circ$  případně  $60^\circ$ . [23]



Obr. 2.10 Srážec hran [6]

- **Středicí vrták**

Nástroj slouží k navrtávání středících důlků pro vrtáky z HSS, kde v mezích pružnosti ocelového těla dochází k nesouososti vrтанých děr při zavrtávání. Je možno jej využít i pro srážení hran. [23]

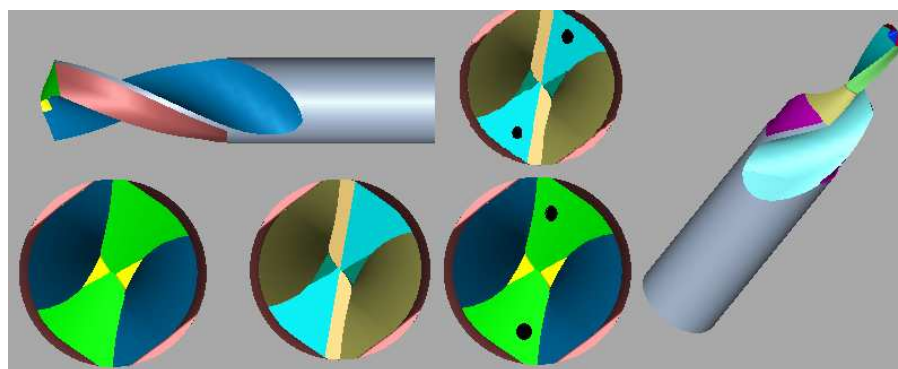


Obr. 2.11 Středicí vrták [6]

- **Vrták, stupňovitý vrták**

Slouží k vrtání děr do plného materiálu, vyvrtávání předvrtaných, předlitých děr, zahlubování a předvrtání děr, které budou následně vystružovány (dosaženo velmi přesných rozměrových děr).

Monolitní vrták ze slinutého karbidu, který má ze všech známých nástrojových materiálů vhodných pro vrtáky nejvyšší tuhost a jako takový dokáže při vrtání obrábět nejvyšší rychlostí nejkvalitnější díry. K dosažení nejpresnějších děr s kvalitním povrchem musí být stroj dostatečně tuhý a obrobek upnut co nejpevněji. Jakékoli vibrace mají negativní vliv na životnost nástroje, může dojít k jeho zlomení a znehodnocení otvoru. Monolitní vrtáky ze slinutého karbidu je možné vyrábět ve velmi malých průměrech, kdy je není možné nahradit vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami (VBD) nebo pájenými destičkami a jejich největší průměr se většinou pohybuje v rozmezí 20-25 mm. Větší průměry by byly z důvodu vysoké ceny slinutého karbidu neekonomické a jsou nahrazeny vrtáky s pájenými destičkami a VBD. [23]



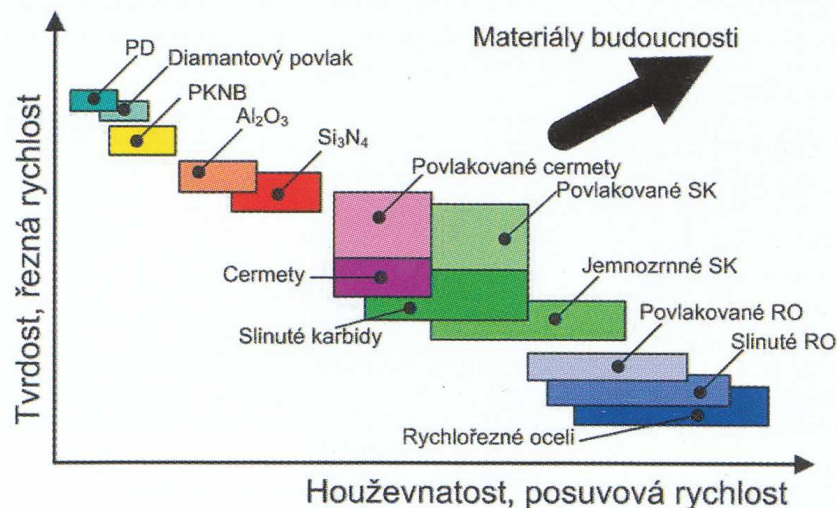
Obr. 2.12 Vrták [6]



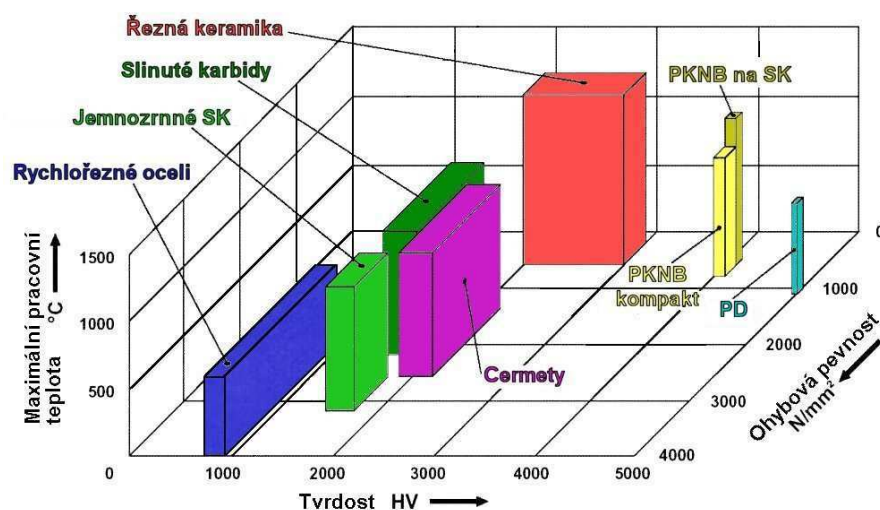
### 3 MATERIÁLY PRO ŘEZNÉ NÁSTROJE

Aplikační oblasti materiálů pro řezné nástroje jsou vymezeny jejich fyzikálními, tepelnými a mechanickými vlastnostmi. Nástrojové materiály s vysokou tvrdostí lze použít při vyšších řezných rychlostech a malých průřezích třísky (dokončovací obrábění), kde převládá spíše tepelné zatížení nad mechanickým. Materiály s vysokou houževnatostí lze použít při vyšších posuvových rychlostech (hrubovací obrábění), kde v důsledku většího průřezu třísky převládá mechanické zatížení nad tepelným. [14]

Pro vysoko výkonné obrábění se dnes používají nástroje převážně ze slinutého karbidu (vyráběného lisováním karbidického prášku s práškem pojivového kovu a následného slinování při teplotě blízké tavení pojiva) většinou s povrchovou úpravou zlepšující vlastnosti nástroje. A stále častěji se využívá řezná keramika, cermety a super tvrdé řezné materiály jako je diamant a kubický nitrid boru.



Obr. 3.1 Vlastnosti nástrojových materiálů [14]



Obr. 3.2 Vlastnosti nástrojových materiálů [14]

### 3.1 Slinuté karbidy (SK)

Již z dřívějších dob jsou známy látky, které mají vyšší tvrdost než kalené nástrojové oceli. Z přírodních materiálů to jsou například diamant a korund, které sice mohly být ve formě volného abraziva využívány pro broušení kovů již na přelomu 19. a 20. století, ale v důsledku své nízké houževnatosti nebyly vhodné pro výrobu klasického řezného nástroje s definovanou geometrií. [14]

První karbidy, karbid  $W_2C$  a WC byly získány při neúspěšných pokusech o výrobu umělého diamantu v elektrické obloukové peci, zkonstruované H. Meisonem, která umožnila zvýšení pracovní teploty. [14]

Po zjištění, že výborné řezné vlastnosti rychlořezných ocelí jsou dány přítomností velmi tvrdých karbidických částic v kovových maticích, stalo se zájmem výzkumu v oblasti řezných nástrojů výroba nástroje z čistého karbidu wolframu. [14]

V českém jazyce je občas užíván název pro slinuté karbidy WIDIA, které pochází z německého slovního spojení Wia Diamant- jako diamant, které získal díky své tvrdosti. Častěji je však možné setkat se s gramaticky i technicky špatným označením Tvrdokov, který vznikl doslovným překladem německého výrazu Hartmetalles, který byl převzat i do anglického jazyka jako Hardmetals a má vyjádřit skutečnost, že se jedná o materiály, které mají podobné vlastnosti jako kovy, až na jejich mnohem vyšší tvrdost. [14]

#### 3.1.1 Rozdělení a značení SK

Dle normy ČSN ISO 513 jsou označeny symboly HW (nepovlakované slinuté karbidy na bázi karbidu wolframu WC), HT (nepovlakované slinuté karbidy (cermety) na bázi karbidu titanu TiC nebo nitridu titanu TiN, případně jejich kombinace), HC (slinuté karbidy povlakované, jak HW, tak také HT) a dle barevného značení a použití se dělí do šesti skupin P, M, K, N, S, H. [14]



Obr. 3.3 Barevné značení SK [14]

S rostoucím číslem třídy se zvyšuje obsah pojícího kovu (kobalt Co), roste houževnatost a pevnost v ohybu, klesá tvrdost a otěruvzdornost, z hlediska doporučených řezných podmínek klesá řezná rychlost a roste rychlost posuvu a průřez odebírané třísky.

Následně jsou přiblíženy skupiny P (jednokarbidové), M (dvoukarbidové), K (vícekarbidové). [14]

#### 1) Slinutý karbid typu P

Prvky použité pro tento karbid WC (30÷92) % + TiC (8÷64) % + Co (5÷17) % + (TaC.NbC). Značí se barvou modrou. Dělí se na podskupiny P01 až do P50. [14]

Jsou vhodné pro obrábění železných kovů s dlouhou třískou, jako jsou uhlíkové ocele, slitinové oceli a feritické korozivzdorné oceli. Řezný proces je obvykle doprovázen velkými řeznými silami a značným opotřebením na čele a proto se používá velké množství TiC a TaC, které zlepšují odolnost proti opotřebení vymílání na čele nástroje. [14]

### **2) Slinutý karbid typu M**

Prvky použité pro tento karbid WC (79÷84) % + TiC (5÷10) % + TaC.NbC (4÷7) %+ Co (6÷15) %. Značí se barvou žlutou. Děli se na podskupiny M01 až M40. [14]

Má univerzální použití a je určen pro obrábění materiálu, který tvoří dlouhou a střední třísku jako jsou lité oceli, austenitické korozivzdorné oceli a tvárné litiny. Řezné síly dosahují středních až vysokých hodnot, dochází k vydrolování ostří. [14]

### **3) Slinutý karbid typu K**

Prvky použité pro tento karbid WC (87÷92) % + Co (4÷12) % + (TaC.NbC). Značí se barvou červenou. Děli se na podskupiny K01 až do K40.

Hlavní použití je pro obrábění železných kovů s krátkou drobnou třískou, neželezných kovů a nekovových materiálů, řezné síly jsou přitom obvykle relativně nízké a převládá opotřebení adhezní, abrazivní. [14]

Doporučené použití slinutých karbidů dle tříd a jejího čísla viz Příloha 1. [26]

## **3.2 Řezná keramika**

Je to převážně krystalický materiál, jehož hlavní složkou jsou anorganické sloučeniny nekovového charakteru na bázi  $Al_2O_3$ ,  $Si_3N_4$ ,  $ZrO_2$  a SiC. [14]

U řezných nástrojů jsou využívány především vlastnosti jako jsou vysoká tvrdost a odolnost proti plastické deformaci, odolnost proti mechanickému namáhání (zejména tlakem), odolnost proti působení vysokých teplot (u současných nejlepších materiálů i odolnost proti náhlým změnám teploty), vysoká chemická stabilita, inertnost proti obráběnému materiálu, odolnost proti opotřebení, chemickým vlivům a korozi (vysoká trvanlivost a řezivost), nízká měrná hmotnost, dostupnost základních surovin z domácích zdrojů, poměrně nízká cena. [14]

Výrazně se tento materiál začal prosazovat až v 60. letech 20. století, kdy byly odstraněny hlavní nedostatky a to hrubozrnná struktura, nízká ohybová pevnost a nízká odolnost proti teplotním šokům. Snaha prosadit řeznou keramiku se odráží v relativně levné, dostupné surovině na rozdíl od SK. [14]

K hlavním podmínkám efektivního využití řezné keramiky, například při soustružení, patří zejména vysoká tuhost systému stroj-nástroj-obrobek (kmitání jakéhokoli druhu výrazně zvyšuje intenzitu opotřebení nástroje), použití výkonných obráběcích strojů s širokým rozsahem posuvu a otáček (výhodná je zejména jejich možnost plynulé regulace) a možnost nastavení vysokých

řezných rychlostí, výborný stav obráběcího stroje, zabezpečení pevného a spolehlivého upnutí obrobku (zejména při soustružení větších součástí při vysokých otáčkách, kdy proti upínacím silám působí velké odstředivé síly), zakrytí pracovního prostoru obráběcího stroje (ochrana obsluhy před odlétávající třískou), odstranění kůry obráběného polotovaru (zejména u odlitků, výkovků, ale i válcovaného materiálu) jiným druhem nástrojového materiálu (např. slinutým karbidem, který má vyšší odolnost proti abrazivnímu mechanismu opotřebení, které převládá při obrábění kůry), sražení náběhových hran na obrobku, najíždění a vyjíždění z řezu při snížených hodnotách posuvu na otáčku (platí zejména pro pracovní posuvy  $f > 0,3$  mm), výběr vhodného tvaru a velikosti břitové destičky, správná volba tvaru ostří břitové destičky (velikost a sklon negativní fazetky na čele). Většina zmíněných podmínek je důležitá pro všechny nástrojové materiály. [14]

Rozdělení a značení: [26]

- CA- oxidická keramika na bázi  $Al_2O_3$ ,
- CC- povlakovaná keramika následujícího druhu,
- CN- neoxidická keramika na bázi nitridu křemíku ( $Si_3N_4$ ),
- CM- směsná keramika na bázi  $Al_2O_3$  s přísadou neoxidických komponent.

Druhy, vlastnosti a použití viz Příloha 1. [26]

### 3.3 Cermety

Název CERMET vznikl složením prvních tří hlásek slov CERamics (keramika) a METal (kov) a měl by tak popisovat nástrojový materiál, jehož mechanické vlastnosti vykazují výhodnou kombinaci tvrdosti keramiky a houževnatosti kovu. Takový materiál se však zatím vyrobit nepodařilo. V oboru řezných nástrojů jsou slinuté materiály se základní tvrdou fází WC nazývány slinutými karbidy, zatímco slinuté materiály s tvrdou fází tvořenou zejména  $TiC, Ti(C,N), MO_2C$  mají název cermety. [14]

Největší oblibě dosáhl i přes svou počáteční špatnou houževnatost v Japonsku jako levný a lehce dostupný materiál pro řezné nástroje. Jeho hlavní vývoj se tedy začal soustředit v Japonsku. Z počátku cermety nabízely výhody vyšších řezných rychlostí, ve srovnání s konvenční SK, protože  $TiC$  je termomechanicky stabilnější než WC. Hlavní pozornost při vývoji cermetů byla věnována zvýšení pevnosti a odolnosti proti vydrolování. Tyto vlastnosti byly zlepšeny přidáním  $TaC$  a WC. Výsledkem bylo rozšíření oblasti užití na soustružení středními hodnotami posuvové rychlosti a lehké frézování. Dalším krokem ke zlepšení vlastností bylo využití kombinace  $TiC-TiN$ , kdy se zmenšila velikost zrn a vzrostla tvrdost. Mělo to však i záporný účinek v podobě zvýšení pórovitosti a tím snížení ohybové pevnosti. Tato nevýhoda byla eliminována pečlivým řízením výrobního procesu. Dnes jsou využívány díky odolnosti proti adhezi a nízké náchylnosti k reakci s obráběnou ocelí jako nástrojový materiál pro dokončovací operace. [14]

### 3.4 Super tvrdé řezné materiály

Mezi tyto materiály je zahrnut diamant (česká zkratka PKD- polykrystalický diamant) a kubický nitrid boru (česká zkratka KNB- kubický nitrid boru nebo PKNB- polykrystalický nitrid boru). [14]

Použití diamantu je omeze teplotou. Pokud přesáhne pracovní teplota 650°C, diamant se začne měnit na grafit. Z tohoto důvodu není vhodný pro obrábění materiálů na bázi železa, kdy by při nadměrném ohřevu docházelo k silné difuzi mezi nástrojem a obráběným materiálem a tím i k velice rychlému opotřebení v důsledku probíhajících chemických reakcí, hlavně na čele nástroje. [14]

Uplatnění nachází diamant v obrábění hliníkových slitin (soustružení i frézování, kdy lze použít řezné rychlosti až 5000 m.min<sup>-1</sup>), slitin mědi (bronzy, mosazi), kompozitů vyztuženými různými druhy vláken (skleněná, uhlíková, kevlar), titanu a jeho slitin, keramiky, grafitu a tvrdých přírodních materiálů (žula, mramor apod.). [14]

Nástroje z KNB jsou vhodné pro soustružení a frézování kalených ocelí i tvrzených litin, kde s výhodou nahrazuje operaci broušení. Tvrdost obráběného materiálu by neměla být menší jak 45 HRC, jinak je vzhledem k vysoké ceně nástroje obrábění neekonomické. [14]

Použití KBN nástrojů zůstává stále předmětem výzkumu. Jistou roli určitě sehrávají poruchy ve vnitřní struktuře materiálu a shluky jednotlivých materiálů uvnitř slitin. Často citovaný obsah feritu (< 5 %) se na základě nejnovějších poznatků nezdá být tím nejvíce rozhodujícím faktorem. Vzhledem k dosavadnímu nedostatku poznatků mohou dát jasnou odpověď na možnosti a hospodárnost použití těchto materiálů pouze praktické zkoušky. [27]

Druhy, označení, vlastnosti a použití viz Příloha 1.

### 3.5 Nástrojové oceli

Nástrojová ocel patří mezi nejznámější materiály. Dříve byla nejpoužívanější a nenahraditelná v mnoha odvětvích. Svě místo stále zaujímá, ale v oblasti vysokovýkonného obrábění je většinou nahrazena materiály s lepšími vlastnostmi jako jsou slinuté karbidy. [26]

Nástrojové oceli se dělí: [26]

#### 1. Nástrojové oceli uhlíkové

- pro ruční nástroje,
- nadeutektoidní oceli (C > 0,7 %),
- tvrdost i houževnatost (výstružníky, závitníky, dláta, pily,...),
- C do 1,5 %- vysoká tvrdost, nízká houževnatost (pilníky).

#### 2. Nástrojové oceli legované

- a) oceli manganové 19 3xx

- vysoká rozměrová stálost (závitníky, závitové čelisti, závitové frézy, výstružníky).

b) oceli chromové 19 4xx

- Cr zvyšuje pevnost,
- vysoká tvrdost a houževnatost, vysoká rozměrová stálost (vrtáky, výstružníky, závitové nástroje, protahovací trny, tvarové frézy, měřidla),
- obrábění tvrdých materiálů (sklo, mramor, břidlice, tvrdé dřevo).

c) oceli wolframové 19 7xx

- W + Cr + V (karbidotvorné prvky),
- vysoká tvrdost i při vyšších teplotách,
- odolnost proti otěru (nejkvalitnější vrtáky, výstružníky, frézy, závitníky, chirurg. nástroje),
- obrábění nejtvrdějších materiálů.

d) oceli rychlořezné 19 8xx

- W + Cr + V + Mo (karbidotvorné) + Co (nekarbidotvorný),
- V- min. 1 %,
- Mo- kolem 5 %, zvyšuje houževnatost,
- Co- zvyšuje křehkost- nehodí se na nástroje s jemnými břity,
- obrábění tvrdých ocelí, tvrdých ocelí na odlitky, těžko obrobitelných materiálů.

Příklad nástrojových ocelí firmy ZPS-FRÉZOVACÍ NÁSTROJE a.s. viz Příloha 1. [28]

## 4 POVLAKOVÁNÍ

První pokusy o nanesení ochranné vrstvy za využití techniky výroby těžkotavitelných karbidů vyloučením komponentů z plynné fáze jsou datovány k roku 1890, kdy byly v USA dělány pokusy ve výrobě zářivek, jejichž účelem byla ochrana žhavicího vlákna těžkotavitelnou sloučeninou, díky které měla být zvýšena svítivost. V této době se ještě nepodařilo připravit povlaky s technickou využitelností. Až v roce 1950 použil německý podnik Metallgesellschaft AG tuto metodu pro vytvoření otěruvzdorných povlaků na oceli. Tímto byla odstartována éra povlakování nástrojových materiálů. [14]

### 4.1 Princip

Základem kvalitního povlaku je dokonalé očištění, odmaštění povrchu nástroje a případné odstranění starých povlaků (pomocí peroxidu vodíku jak u SK tak u HSS). K odmašťování se používají mírně alkalické vodné roztoky tenzidů, ultrazvukové lázně a vodné oplachy. Suší se proudem teplého vzduchu nebo se nahřívají v sušičkách, v závislosti na možnostech výroby. Druhá část přípravy povrchu probíhá již ve vakuové komoře, kde se nejprve odčerpávají povrchově vázané plyny a následně se proudem iontů plynu nebo kovu odstraní několik nanometrů povrchové vrstvy. Zároveň se nástroje ohřívají. Přípravná fáze končí dosažením maximální možné kovové čistoty povrchu nástrojů a jejich zahřátím na požadovanou teplotu. [15] Poté se na podklad z očištěného slinutého karbidu nanáší tenká vrstva materiálu s vysokou tvrdostí, vynikající odolností proti opotřebením, tepelnou odolností a zlepšující kluzné vlastnosti povrchu (povlak ve formě tenké vrstvy má vyšší tvrdost i pevnost než stejný homogenní materiál v jakékoli jiné formě). Povlak získává tyto vlastnosti hlavně díky absenci pojiva a má o jeden i více řádů jemnější zrnitost a méně strukturních defektů a navíc tvoří difuzní bariéru mechanismu opotřebením nástroje. [14]



Obr. 4.1 Povlakovací zařízení [16]

## 4.2 Základní metody

### 1. Metoda PVD (Physical Vapour Deposition- fyzikální napařování)

Tato metoda patří mezi nejvyužívanější. Hlavním charakterem je nízká pracovní teplota a to pod 500 °C, je tedy vhodná i na povlakování nástrojů z rychlořezné oceli (HSS), kdy nedojde k tepelnému ovlivnění nástroje. [14]

Povlak je nejčastěji vytvářen: [14]

- napařováním (materiál povlaku je odpařován),
- napařováním (fyzikální odpařovací proces),
- iontovou implantací (hybridní PVD proces povlakování, u kterého je povrch substrátu bombardován svazkem částic s vysokou energií.

### 2. Metoda CVD (Chemical Vapour deposition- chemické napařování z plynné fáze)

Je to hlavní metoda povlakování slinutých karbidů, která probíhá za vysokých teplot v rozmezí 1000-1200 °C. [14]

Povlak je nejčastěji vytvářen: [14]

- tepelným indukováním,
- plazmatickým aktivováním,
- elektronovým indukováním,
- fotonovým indukováním.

### 3. Metoda PCVD (plazmaticky aktivované CVD metody) a MTCVD (Middle Temperature Chemical Vapour deposition- CVD za středních hodnot)

Od klasické CVD metody se liší nižšími pracovními teplotami PCVD 400-600 °C a MTCVD 700-850 °C. P říčemž nemění její princip (vytváření povlaku z plynné fáze). [14]

## 4.3 Vlastnosti vrstev

Mezi základní a nejdůležitější vlastnosti vrstev patří: [15]

- otěruvzdornost- u řezných nástrojů prodlužují i několikanásobně jejich životnost,
- tepelná odolnost- povlaky odolávají teplotám až 800 °C (povlaky na bázi Cr a Al) a zároveň tvoří tepelnou bariéru. Této vlastnosti se využívá při vysokorychlostním obrábění, kde 78 % tepla vznikajícího při řezu je odváděno třískou,
- korozi-vzdornost- ochrana, kterou poskytují, závisí na mikropórovitosti a schopnosti některých prvků obsažených v povlaku vytvářet ochranné vrstvy. Zde lze zmínit povlaky obsahující hliník, např. TiAlN a uhlíkové povlaky,



- snížení třecího odporu- nízký koeficient tření mají např. MoS<sub>2</sub>, WC/C a DLC (Diamond Like Carbon),
- tloušťka- nejčastěji je měřena pomocí kalotestu (probroušení kulového vrchlíku a následný odečet optickým mikroskopem), zpravidla se pohybuje v rozmezí 1-4 μm,
- adheze- přilnavost povlaků na výchozí materiál, nejjednodušším měřením bývá pozorování okrajů vpichu vzniklého Rockwellovým hrotem,
- mikrotvrдость- k nejtvrdějším patří DLC povlaky, jejichž mikrotvrдость přesahuje 30 GPa. Pro srovnání např. u galvanicky připraveného "tvrdochromu" lze naměřit max. 9 GPa.

#### 4.4 Běžně užívané povlaky

Na řezné nástroje se nanášejí nejčastěji níže uvedené povlaky: [15]

- TiN (nitrid titanu)- základní a nejdéle používaná vrstva. Mikrotvrдость od 20 do 25 GPa, barva zlatá. Je použitelný téměř ve všech aplikacích. Výhodou TiN je dobrá elasticita a adheze. Navíc většina povlakovacích středisek má právě s touto vrstvou největší zkušenosti,
- TiAlN (titan aluminium nitrid)- mikrotvrдость 25 až 33 GPa, barva od růžovofialové po černošedou. V oblasti řezných nástrojů stále zvyšuje podíl na trhu na úkor ostatních vrstev, především TiN, i přes vyšší výrobní náklady. Má výbornou odolnost vůči vysokým teplotám. V současné době ideální pro vysokorychlostní obrábění. Jeho zajímavou vlastností je vytváření povrchové vrstvy Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, jež při řezu přispívá ke snížení tření, zvýšení difúzní odolnosti a zlepšení řezných vlastností,
- DLC- diamantu podobné uhlíkové povlaky s velmi nízkým koeficientem tření a vysokou tvrdostí (do 60 GPa), barva černá. Používají se především v automobilovém průmyslu na povlakování dílů (čerpadla, zámky apod.) Nevhodné jsou na nástroje obrábějící ocel.



Obr. 4.2 Vzhled povlaku na slinutém karbidu [20]

## 4.5 Vývoj povlaků

Při zdokonalování povlaků jsou snahy směřovány k vývoji kombinovaných vrstev, zjemňování jejich struktury, zdokonalování vlastností dotováním prvků a nové vrstvy. V současnosti již známým trendem kombinace vrstev jsou tzv. multivrstvy, kde se střídají alespoň dva druhy vrstev. Stále sice platí, že jejich tloušťka zpravidla nepřesahuje 4  $\mu\text{m}$ , ale vlastnosti mění rapidně ve prospěch vyšší tvrdosti i houževnatosti. Zvláštním druhem multivrstev jsou tzv. supermřížky s tloušťkou jedné vrstvy řádově několik nanometrů, kde se zlepšují mezivrstevné vazby a výsledná kvalita povlaku. Zjemňováním struktury vrstev pomocí ovlivňování velikosti zrn je možné dosáhnout výrazně lepších bariérových efektů povlakových systémů. Tento trend lze pozorovat především u vrstev TiAlN a DLC. Dalším trendem je připravit povlaky technologií PVD, které jsou zatím umožněny pouze metodou CVD, jejichž hlavní nevýhodou je vysoká pracovní teplota. [15]

Velký zájem je také na vytvoření povlaku z KBN, kde je příprava a reprodukovatelnost velmi obtížná. Obsahuje množství nečistot jako je vodík, kyslík, uhlík. Dalším problémem je velmi špatná adheze KBN povlaků k substrátu (SK, cermety, řezná keramika). Zatím je úspěšně nanášen pouze na substrátech z čistého křemíku. [14]



Obr. 4.3 Barvy povlaků [21]

#### 4.6 Příklad porovnání výkonnosti nástroje při vrtání

Graf na obr. 4.4 znázorňuje zlepšení hodnot vrtacího nástroje při použití vhodného povlaku. [17]

##### Zkoušený vrták:

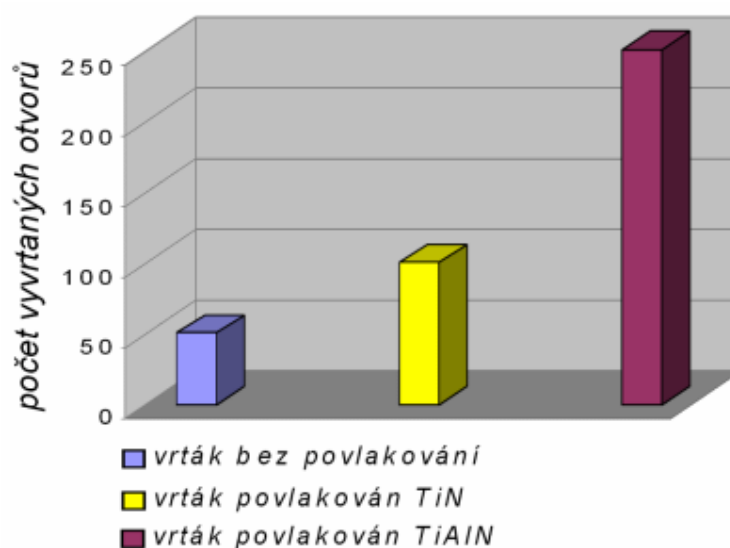
vrták HSS DIN 338

průměr vrtáku: 6 mm

vrtaná hloubka: 15 mm

pevnost vrtaného materiálu:  $800 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$

chlazení: emulze 5 %



Obr. 4.4 Porovnání výkonnosti při vrtání [17]

##### Souhrnný přínos povlaků pro vrtání:

- zamezení adhezního ulpívání třísek z obrobku na nástroji (zvláště u měkkých materiálů),
- zamezení tvorby nárůstku na břitu nástroje,
- zmenšení tření nástroje vůči obrobku,
- zmenšení chvění soustavy stroj-nástroj-obrobek,
- zamezení vzniku studených svarů,
- možnost navýšení rezné rychlosti o 40-60 %,
- zvýšení trvanlivosti nástroje o 400-600 %.

Příklad povlaků od firmy CemeCon s.r.o. viz Příloha 2. [18]

## 5 BROUSICÍ KOTOUČE

Hlavním prostředkem k výrobě nástrojů jsou diamantové a KBN (kubický nitrid boru) brousicí kotouče různých tvarů, zrnitosti koncentrace a typu pojiva.

### 5.1 Diamantové (D) a KBN (B) brousicí kotouče

Kotouče s diamantovou brousicí vrstvou jsou určeny převážně k broušení slinutých karbidů (SK), keramiky, skla a obdobných materiálů. Tyto kotouče se nepoužívají k broušení ocelí a měkkých houževnatých materiálů, došlo by k zanášení brousicí vrstvy a ztrátě jejich brousících vlastností. Ke spojení zrn se u diamantových kotoučů používá pryskyřičné a kovové pojivo.

Kotouče s pryskyřičným pojivem se používají jak k polohrubovacímu, tak i k dokončovacímu broušení a jsou schopny provozu s chlazením i bez chlazení.

Kotouče s kovovým (bronzovým) pojivem jsou využívány hlavně k hrubovacímu broušení a všude tam, kde je požadována vysoká stálost tvaru diamantové vrstvy. Tyto kotouče se musí chladit nemastnou kapalinou. Použití chladicí kapaliny zvyšuje výkon kotouče. [7]



Obr. 5.1 Brousicí kotouče [8]

Řezné podmínky pro opracování SK viz Příloha 3. [7]

Další materiál na výrobu brousících kotoučů je kubický nitrid boru. Tento materiál se v přírodě nenachází. Je to syntetický materiál, který se vyrábí syntézou (spojování dvou nebo více částí do jednoho celku) za vysokých tlaků a teplot z hexagonálního nitridu boru. Jeho tvrdost na stupnici Mohse je 9 (diamant má tvrdost 10). Hlavním rozdílem od diamantu je vyšší chemická stálost a tepelnou odolnost do 1200 °C (diamant se při dosažení teplot nad 600 °C mění na grafit). Jeho hlavní využití je v oblasti opracování kalených ocelí s tvrdostí vyšší jak 58 HRC. Při použití na měkčí materiály dochází stejně jak u diamantových kotoučů k zanesení funkční části kotouče a ke ztrátě brousících vlastností. Jako pojivo je u KBN kotoučů použita keramika a pryskyřice.

Kotouče s pryskyřičnými vazbami slouží především k dokončovacímu broušení kalených ocelí s využitím nebo bez využití chladicí kapaliny.

Kotouče s keramickým pojivem se používají pro dokončovací broušení kalených ocelí s chlazením vodními roztoky rozpustných olejů. [7] Vyznačuje se dlouhou životností, vysokou abrazností, vysokou přesností broušení a minimální potřebou oživování. Pro svojí výrobní náročnost není možné v tomto pojivu vyrábět všechny tvary kotoučů. [8]

Řezné podmínky pro opracování kalené oceli viz Příloha 3. [7]

## 5.2 Materiály brousicích kotoučů používaných převážně na konvenčních strojích

Na CNC brousicích strojích se používají DIA a KBN kotouče, které svými vlastnostmi vysoce převyšují klasické materiály brousicích kotoučů. Ty mají však stále své uplatnění.

Mezi další materiály kotoučů patří: [26]

- **umělý korund hnědý- 96A- ELECTRITE,**

Vysoce houževnatý materiál s největší šíří použití obsahuje 95-96 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 1,5-3 %  $\text{TiO}_2$  a 1-2 % ostatních přírodních látek. Vyrábí se tavením bauxitu. Všestranné použití.

- **umělý korund bílý- 99Ba ,**

Obsah  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nad 99,5 %, čistý materiál požívaný především pro kotouče s keramickou vazbou. Výroba tavbou z oxidu z oxidu hlinitého.

- **umělý korund růžový- 98A,**

Legovaný bílý korund oxidem chromitým. Chrom vstupuje do krystalické mřížky a zvyšuje houževnatost. Použití především pro korozivzdorné a legované oceli.

- **umělý korund mikrokrystalický- 99SA,**

Speciální korund vyráběný keramickou cestou s vysokou samoostřicí schopností. Použití pro broušení vysoce tvrdých ocelí.

- **umělý korund monokrystalický- 90MA,**

Speciální korund s velkými krystaly. Využití jak pro řezání, tak broušení tvrdých ocelí.

- **umělý korund zirkonový- 97EA,**

Speciální pro hrubovací operace s vysokým výkonem.

- **karbid křemíku černý- 48C,**

Výroba redukcí  $\text{SiO}_2$  v elektrických odporových pecích, obsah SiC nad 96 %. Všestranné použití pro broušení neželezných materiálů.

- **karbid křemíku zelený- 49C.**

V podstatě karbid křemíku černý o vyšší čistotě. Použití stejné jako u 48C.

### 5.3 Pojiva korundových brousicích kotoučů a jejich značení

Materiály uvedené v předchozí kapitole jsou spojovány do podoby kotouče za pomoci následujícího pojiva.

Tab. 5.1 Druhy pojiva [26]

V	Keramické pojivo
R	Pryžové pojivo
RF	Pryžové pojivo s výztuží
B	Pryskyřičná a jiná teplem tvrditelná organická pojiva
BF	Pryskyřičné pojivo s výztuží
E	Šelakové pojivo
MG	Magnezitové pojivo
PL	Plastické pojivo
U	Polyuretanové pojivo

### 5.4 Koncentrace brusiva (K)

Množství brusiva v brousicím kotouči je určováno koncentrací. Základní a nejvíc používaná koncentrace je definovaná číslem  $100 = 4,4 \text{ ct.cm}^{-3}$  brousicí vrstvy. Toto odpovídá 25 % objemu brousicí vrstvy. [9]

Volba koncentrace je závislá na oblasti využití a má vliv na efektivnost broušení.

Tab. 5.2 Vhodné koncentrace a jejich vliv při broušené [8]

Nízká koncentrace			Střední koncentrace		Vysoká koncentrace		
K25	K40	K50	K75	K100	K125	K150	K175
<b>Sklo</b> <b>Keramika</b> <b>Leštění kovů</b> <b>Zvláštní operace</b>			<b>Běžné broušení kovů</b> <b>Sklo na automatech</b> <b>Drahé kameny</b> <b>Kámen</b>		<b>Broušení otvorů</b> <b>Profilové broušení</b> <b>Kovy na automatech</b>		
Dobré samoostřicí vlastnosti			Většina brousicích operací		Horší samoostřicí vlastnosti		
Zvyšuje výkon broušení					Snižuje výkon broušení		
Snižuje teplo					Zvyšuje teplo		
Snižuje životnost kotouče					Zvyšuje životnost kotouče		
Zhoršuje stálost tvaru					Zlepšuje stálost tvaru		
Zvyšuje drsnost povrchu					Snižuje drsnost povrchu		

## 5.5 Zrnitost

Velikost brousícího zrna se volí podle způsobu a druhu broušení, předpokládaného výkonu a požadavků na výslednou povrchovou drsnost.

Velikost brousících zrn ovlivňuje životnost kotouče. Hrubší zrna vzhledem k většímu povrchu jsou lépe ukotvena ve vazbě kotouče, jemnější zrna se uvolňují snadněji. [9]

Tab. 5.3 Vliv zrnitosti na drsnost povrchu [9]

Diamant	CBN	Použití	Přibližná drsnost Ra
D 213	B 251	Hrubovací broušení s požadavkem na vysoký výkon odběru materiálu	1,2
D 181	B 213		
D 151	B 181		
D 126	B 151	Běžné obráběcí operace	0,8
D 107	B 126		
D 91	B 107		
D 76	B 91	Dokončovací broušení	0,4
D 64	B 76	Ostření nástrojů	
D 54	B 64	Lapování	0,2
D 46			

## 5.6 Chlazení

Chlazení je velmi důležité. Ovlivňuje životnost kotoučů, produktivitu, drsnost a kvalitu pracovního prostředí, snižuje teplotu v pracovním místě, odplavuje odbroušený materiál a zmenšuje možnost zanášení brousící vrstvy a následné pálení kotouče.

Chlazením vodní emulzí je dosahováno lepšího chladicího účinku s relativně horší povrchovou drsností. Chladicí kapaliny na bázi oleje podporují řezné schopnosti brousícího kotouče a zlepšují povrchovou drsnost obrobku, avšak pro svoji tepelnou akumulaci mají nižší chladicí účinnost.

## 5.7 Upínání

Radiální a axiální házivost diamantových kotoučů by neměla přesáhnout hodnotu 0,02 mm. Po osazení trnu kotoučem se po určité době kotouč "usadí" a po celou dobu jeho životnosti by neměl být z trnu snímán. [7]

## 5.8 Čištění-oživování

Při správném použití kotouče dochází k samoostření kotouče. Jestliže dojde k zanesení brousící vrstvy a tím ke ztrátě brousících vlastností, musí se provést "oživení" brousící vrstvy.

- diamantové kotouče,

Když je u kotoučů použita pryskyřičná vazba, oživení probíhá za normálních otáček např. mokrým úlomkem korundového kotouče zrnitosti 80-

60 nebo speciálním oživovacím kamenem, kdy je oživovač až třikrát na krátkou dobu přitlačen k brousící vrstvě, tím dojde k očištění funkční části kotouče.

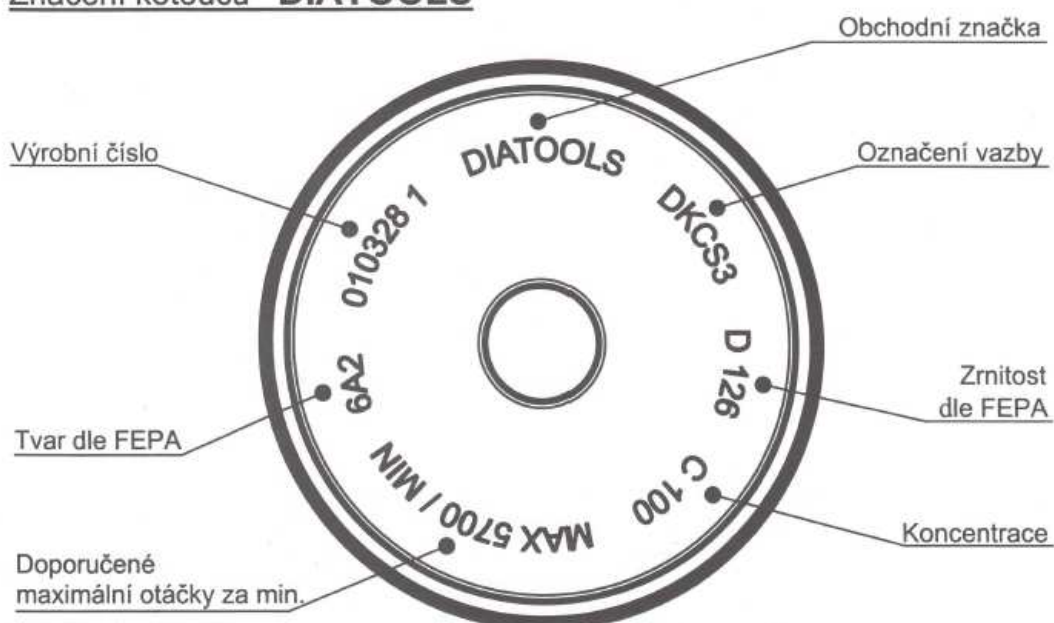
Oživení kotoučů s kovovou vazbou se provádí stejným způsobem, ale je vhodné použít oživovač z karbidu křemíku.

- KBN kotouče.

Oživení kotoučů se provádí za normálních otáček mokrým úlomkem bílého korundového kotouče zrnitosti 80-60. [7]

## 5.9 Příklad označení brousícího kotouče

### Značení kotoučů **DIATOOLS**



Obr. 5.2 Označení kotouče [9]

Ve značení kotoučů bývá udán maximální povolený počet otáček kotouče za minutu. Pro zvolenou řeznou (obvodovou) rychlost  $v_c$  vypočteme ze vzorce počet otáček daného průměru a pokud přesahuje povolenou hodnotu, řeznou rychlost upravíme. [26]

Vztah pro výpočet řezné rychlosti.

$$v_c = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60} \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (6.1)$$

Vyjádření  $n$  (otáček) ze vztahu pro řeznou rychlost.

$$n = \frac{v_c \cdot 60}{D \cdot \pi} \text{ [min}^{-1}] \quad (6.2)$$



## 5.10 Tvary brousicích kotoučů dle norem FEPA

Při výrobě i ostření nástrojů je nutné volit vhodný tvar kotouče, který je schopen svou velikostí i tvarem vybrousit požadovanou geometrii. [7]

Mezi nejčastěji používané kotouče patří:

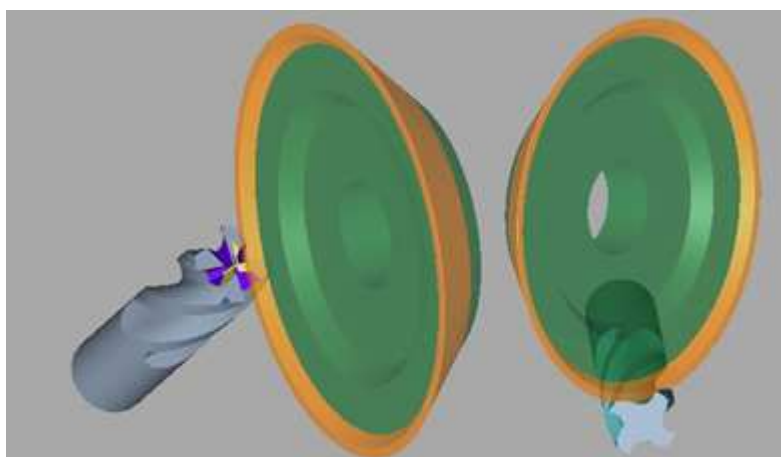
Tab. 5.4 Symboly značení [7]

Průměr kotouče	Šířka obložení	Výška obložení	Průměr úchytu	Výška kotouče
D	S	b	d	H

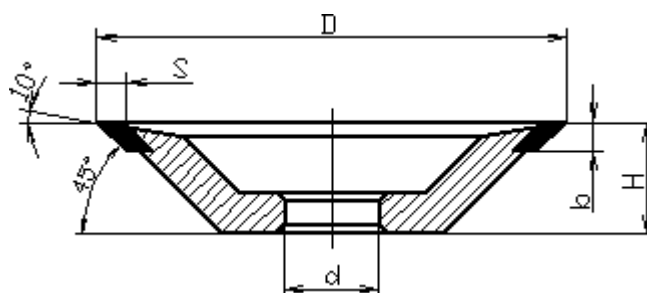
- **Tvar a použití brousicího kotouče 12V9 45°**

Použití:

- vybroušení mezer na čele (prořezání),
- broušení drážek.



Obr. 5.3 Použití kotouče 12V9 [6]

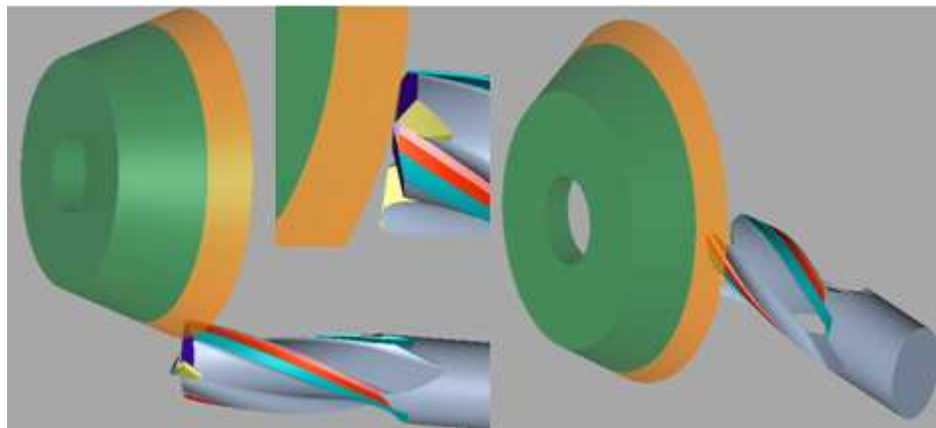


Obr. 5.4 Kotouč 12V9 [7]

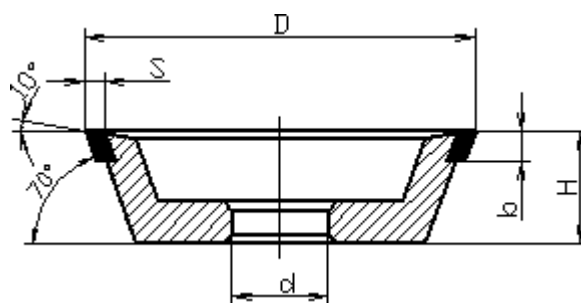
- **Tvar a použití brousicího kotouče 11V9 70°**

Použití:

- broušení prvního a druhého úhlu na čele,
- broušení prvního a druhého úhlu na obvodu,
- broušení prvního a druhého úhlu sražení.



Obr. 5.5 Použití kotouče 11V9 [6]

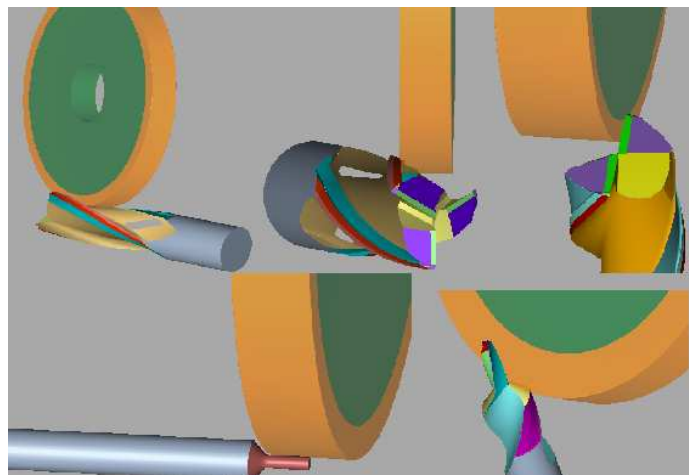


Obr. 5.6 Kotouč 11V9 [7]

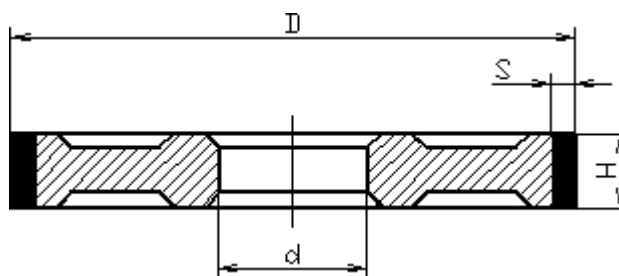
- **Tvar a použití brousicího kotouče 1A1**

Použití:

- broušení drážek,
- broušení hřbetu,
- vybroušení mezer na čele u dvoubřítých nástrojů,
- broušení na kulato,
- broušení stupňů na vrtácích.



Obr. 5.7 Použití kotouče 1A1 [6]

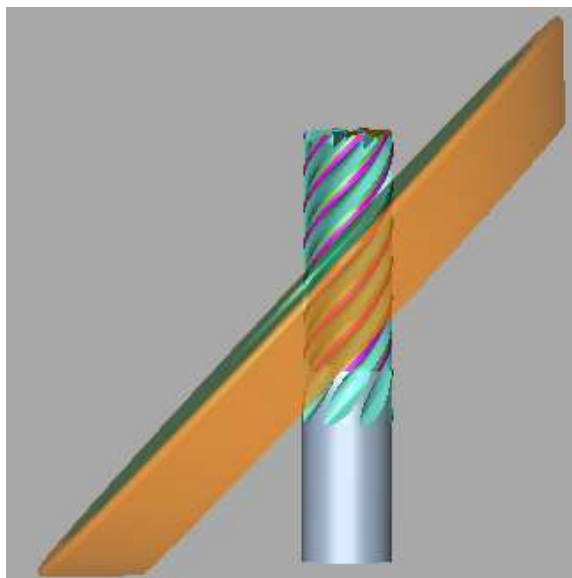


Obr. 5.8 Kotouč 1A1 [7]

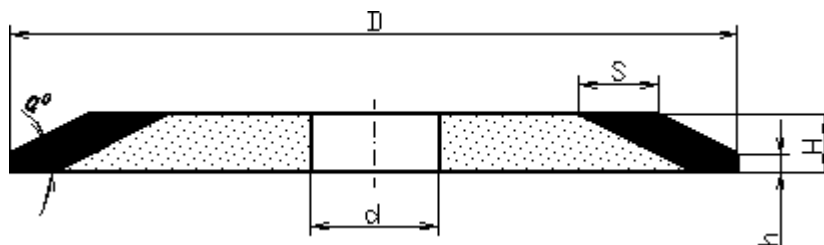
- **Tvar a použití brousícího kotouče 1V1** (obdobný kotouč jako 1A1 s volitelným úhlem brousící části)

Použití:

- broušení drážek u menších nástrojů ( $\varnothing < \text{cca } 10 \text{ mm}$ ),
- broušení drážek u nástrojů s více břity,
- broušení drážky s úhlem stoupání  $> 40^\circ$  (dokon čovací frézy).



Obr. 5.9 Použití kotouče 1A1 [6]

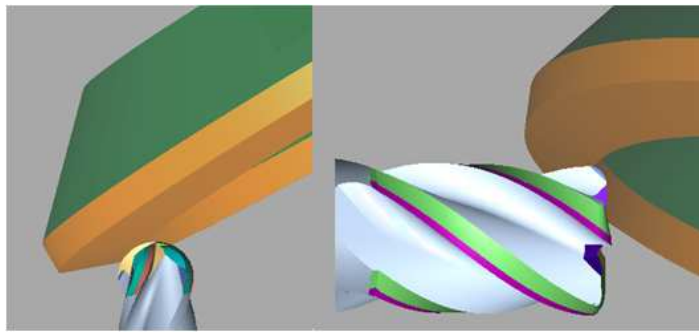


Obr. 5.10 Kotouč 1A1 [7]

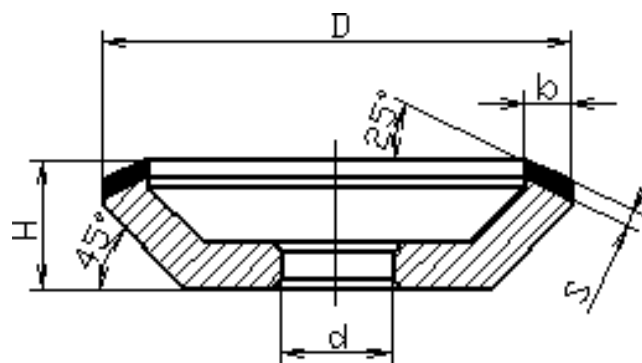
- **Tvar a použití brousícího kotouče 12V5**

Použití:

- broušení rádiusů.



Obr. 5.11 Použití kotouče 1A1 [6]

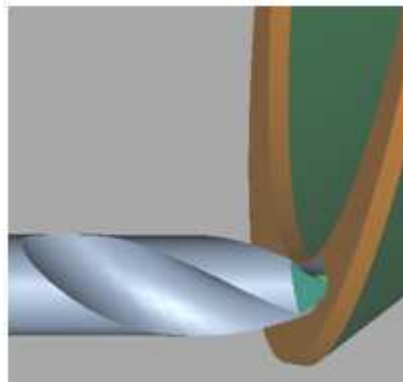


Obr. 5.12 Kotouč 12V5 [7]

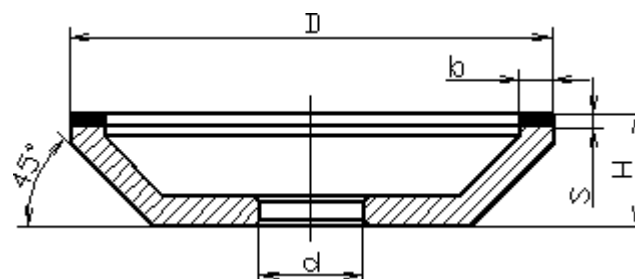
- **Tvar a použití brousícího kotouče 12A2**

Použití:

- Vybroušení úhlu hřbetu na kuželu vrtáku.



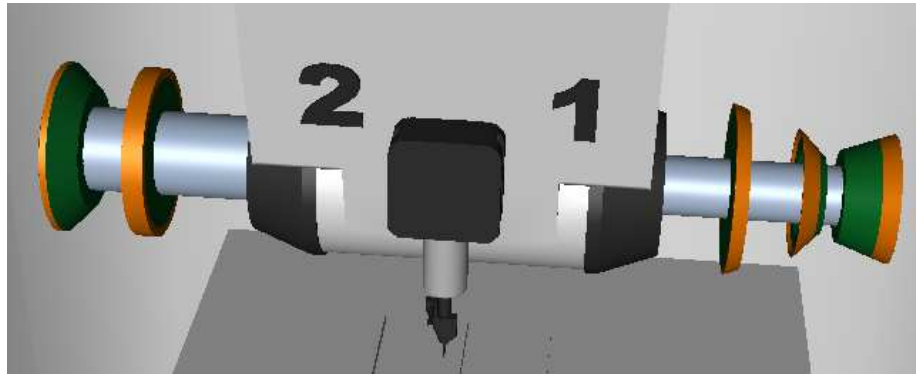
Obr. 5.13 Použití kotouče 1A1 [6]



Obr. 5.14 Kotouč 12A2 [7]

### 5.11 Sestavy kotoučů

Na stroji Helitronic Power je možné osadit dvě vřetena, kdy získáme dvě funkční sady až o 6 kotoučích. Reálně se však používá osazení s menším počtem kotoučů, aby byl dosažen dostatečný prostor pro pohyb nástroje během jednotlivých operací. Rozšířená verze tohoto stroje disponuje zásobníkem na trny s kotouči, kdy je dle potřeby sada měněna roboticky.



Obr. 5.15 Sady kotoučů na vřetenech [6]

Vhodné sady kotoučů pro použití na stroji Helitronic Power jsou vyobrazeny v Příloze 4.

## 6 UPÍNACÍ PROSTŘEDKY POUŽÍVANÉ NA STROJI HELITRONIC POWER

Ve srovnání ceny upínače a stroje, je upínač zanedbatelná položka. Je však důležitým členem ve spojení nástroje a vřetene. Výběr správného upínače má vliv na výsledek celého procesu ostření a výroby nástrojů. [9]

Na stroji Helitronic Power je upínání pneumatické- kužel ISO 50. Každé upínací zařízení je na konci opatřeno tažným (upínacím) čepem DIN 69872, který je pneumaticky zatažen a sevřen kleštinovými čelistmi.



Obr. 6.1 Upínací čep DIN 69872 [13]

Mezi nejčastěji používané upínače patří:

- **Hydraulické upínače**

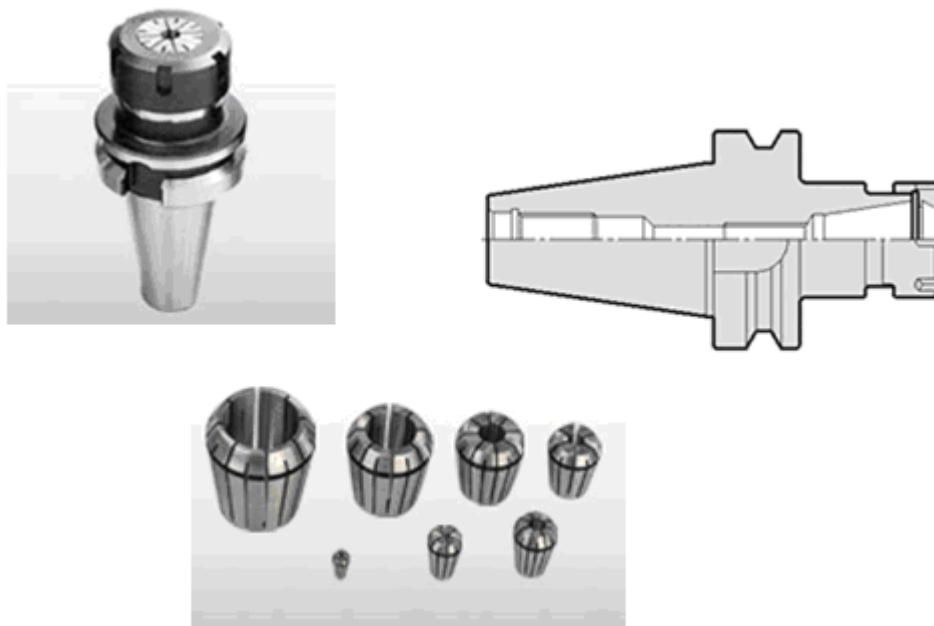
Princip hydraulického upínače spočívá ve vytvoření rovnoměrného tlaku hydraulického média uvnitř upínače pomocí otáčení upínacího šroubu. Vzniklý tlak působí na upínací pouzdro, které nástroj pevně a přesně sevře- upne. Do těchto upínačů je možno použít redukční pouzdra pro upnutí menších průměrů. Mezi hlavní výhody patří přesné opakovatelné upnutí nástroje s házivostí do 0,003, tlumení vibrací a jednoduché ovládání. Nevýhodou tohoto zařízení je kratší životnost, protože časem dojde k narušení stěny držáku, dále jimi není možné upínat nástroje s vyfrézovanou ploškou (Weldon, Whistle-notch), neboť to má za následek deformaci stěny držáku. [10], [11]



Obr. 6.2 Hydraulický upínač [10]

- **Kleštinové upínače**

Princip kleštinového upínače spočívá ve vtahování (zatlačování) kleštiny do kuželové dutiny upínače. Kleština je po obvodu opatřena drážkami, které umožňují malou pružnou deformaci a tím dojde k upnutí nástroje. Kleština je schopna upnout nástroj v rozsahu cca 1 mm. Výhodou je upínání nestandardních průměrů stopek, jednoduchost a dlouhá životnost. Hlavní nevýhodou je větší radiální házivost než u upínačů hydraulických.



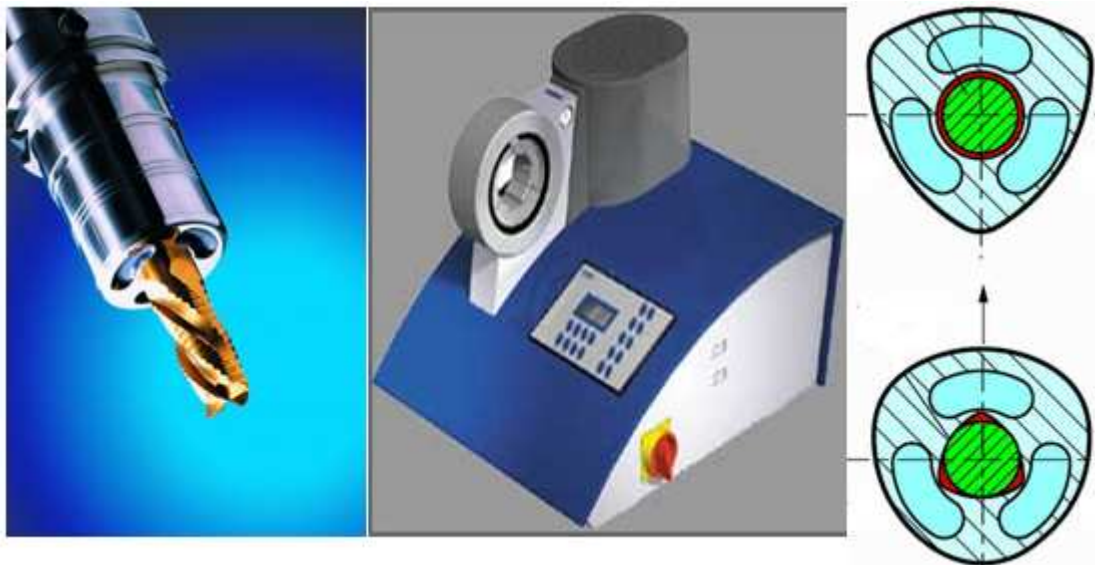
Obr. 6.3 Kleštinový upínač a kleštiny [13]

- **Polygonální upínač**

Princip polygonálního upínání patří k těm vysoce sofistikovaným principům, které jsou však překvapivě jednoduché. Princip upínání je v řezu schematicky znázorněn na obr. 6.4. Pomocí tlakovacího zařízení je vyvolán tlak na upínací pouzdro a to se zformuje do kruhového průřezu, což umožní vsunutí válcové stopky nástroje. Když přestane tlak působit, pouzdro se zdeformuje do polygonu a nástroj je upnut.

Vlastní deformace upínače se děje pouze v oblasti pružné (elastické) deformace, při které nedochází k žádným molekulárním změnám v materiálu. Postup je tedy možno opakovat bez omezení počtu cyklů.

Mezi hlavní výhody patří přesné opakovatelné upnutí nástroje s házivostí do 0,003, tlumení vibrací, štíhlá konstrukce. Nevýhodou tohoto upínání je nutnost tlakovacího zařízení. [10]



Obr. 6.4 Polygonální upínač [10]

- **Tepelně smrštitelné upínače**

Princip tohoto zařízení spočívá ve využití tepelné roztažnosti kovů při vysokých teplotách. Pomocí vysokofrekvenční indukční cívky se upínač velmi rychle ohřeje přesně na místě, kde se nástroj upíná. Po vsunutí nástroje se upínač musí nechat ochladit, a to buď přirozenou cestou (časově náročné), nebo nuceně (chladicí systém). Výsledkem procesu smrštění je téměř homogenní nástroj.

Výhodou je vysoká přesnost upnutí s velkými přenášenými krouticími momenty a velmi dobrým poměrem mezi radiální tuhostí a vnějším tvarem upínače. Nevýhodou je nutné ohřívací a chladicí zařízení, bez kterého se značně prodlužuje doba výměny nástroje. [10]



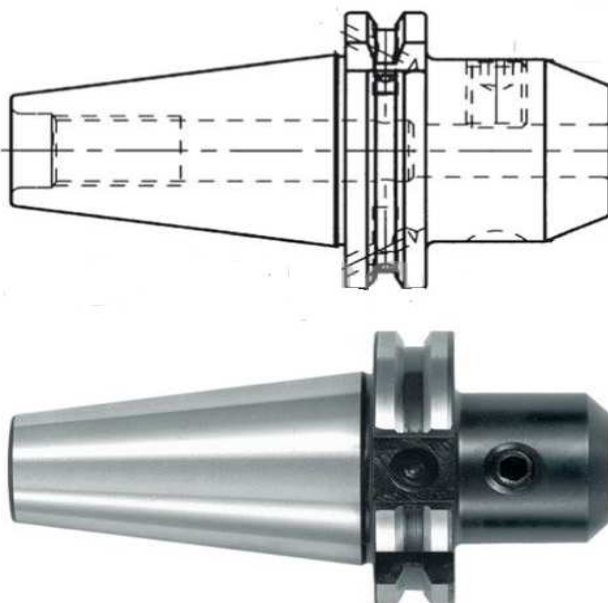
Obr. 6.5 Tepelně smrštitelný upínač [10]



- **Upínače weldon**

Princip weldon upínačů spočívá v mechanické aretaci šroubem na normalizované plošce, která je vybroušena na upínací stopce nástroje. Tím se získá dostatečně tuhé upnutí nástroje.

Výhodou je rychlé upnutí, kdy je zabráněno potočení i při vysokém namáhání, kdy by u výše uvedených upínačů hrozilo pootočení, vysunutí nástroje z upínače. Nevýhodou těchto upínačů je především větší házivost upnutého nástroje, nepřesné upnutí (stopka musí mít v pouzdru určitou vůli aby bylo možné zasunout nástroj), což snižuje trvanlivost břitu nástroje, zejména při vysoce výkonném frézování. [22]



Obr. 6.6 Weldon upínač [22]

## 7 PŘÍKLAD VÝROBY-PŘEOSTŘENÍ NÁSTROJE NA STROJI HELITRONIC POWER

Nástroj bude vyroben ze slinutého karbidu třídy K10 ve formě válcového polotovaru (roubíku) o průměru 16 mm, broušeného na přesnost H5 a celkové délce 105 mm. K opracování polotovaru budou použity diamantové kotouče zrnitosti D 64 a koncentrace K 100 tvaru 1A1, 12V9, 11V9. Nástroj bude upnut v hydroupínači s otvorem o průměru 20 mm, který bude vyvlořkován kleštinou na průměr 16 mm. Jako chladicí medium bude použit syntetický olej. Na nástroj bude nanesen povlak HYPERLOX, který je vhodný pro těžko obrobitelné materiály od firmy CemeCon s.r.o..

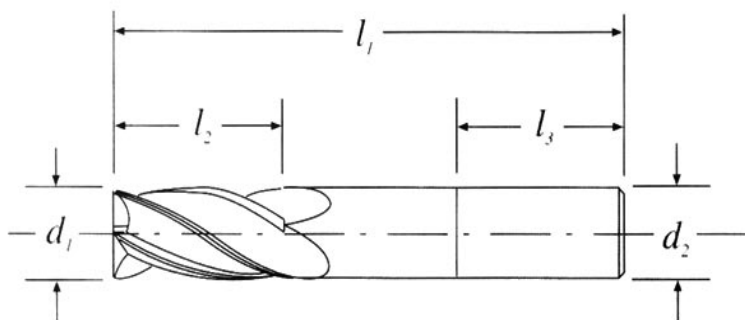


Obr. 7.1 Válcové polotovary SK [29]

### 7.1 Geometrie nástroje

Tento čtyřbřítý stopkový nástroj bude mít nepřímou rozteč zubů, která snižuje vibrace a v drážce bude zhotovena negativní fazetka, která zvyšuje pevnost ostří proti vylamování. Dále bude vytvořeno sražení na čele k odstranění ostré hrany na přechodu čelo-obvod. Svě uplatnění nalezne ve frézování těžce obrobitelných, tvrdých materiálů.

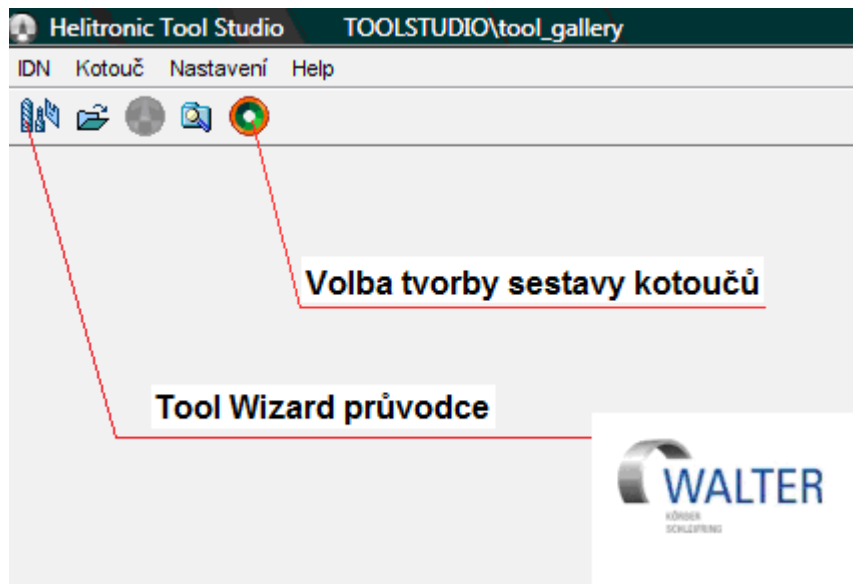
$l_1 = 105 \text{ mm}$   
 $l_2 = 35 \text{ mm}$   
 $l_3 = 50 \text{ mm}$   
 $d_1 = 16 \text{ mm}$   
 $d_2 = 16 \text{ mm}$



Obr. 7.2 Válcové fréza SK [6]

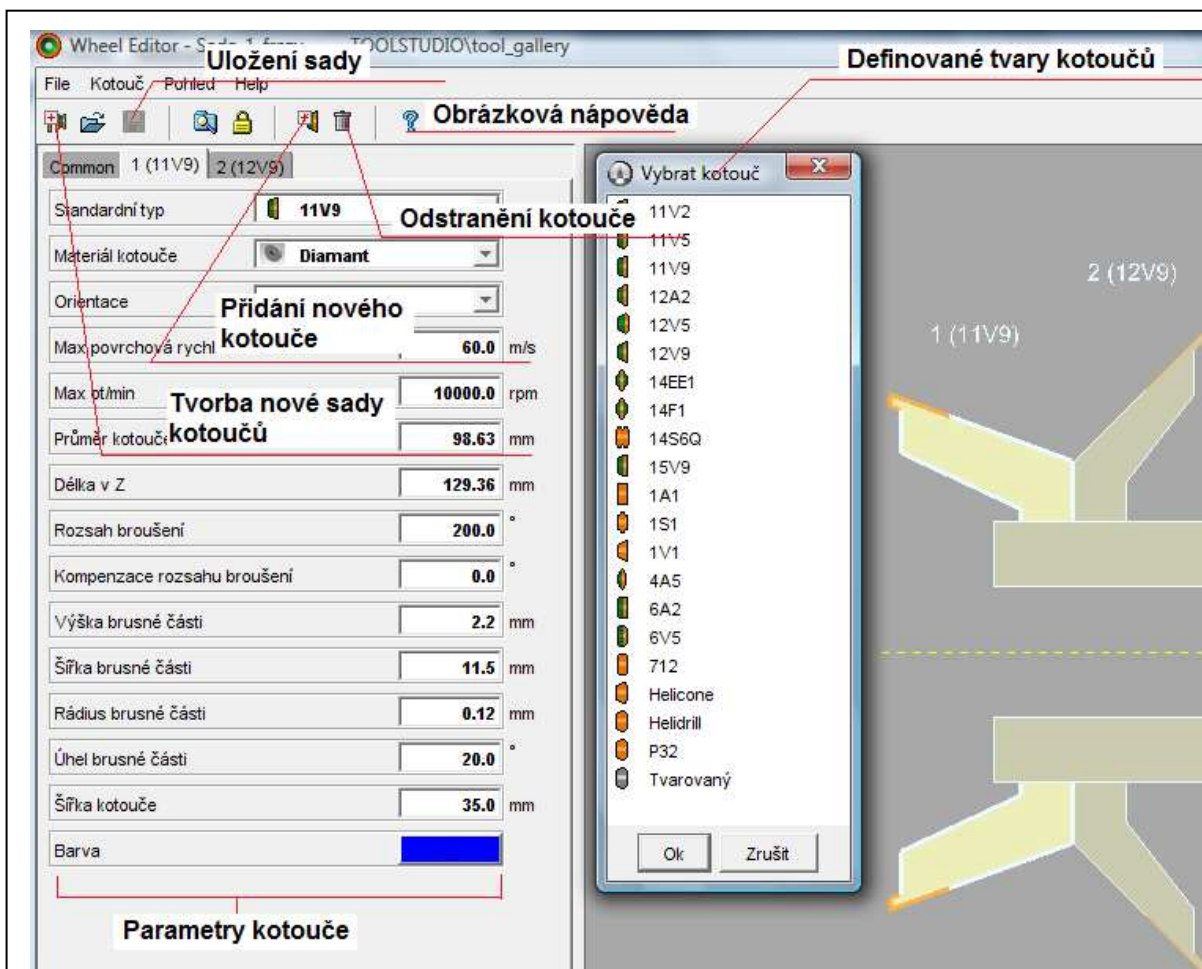
## 7.2 Postup programování nástroje

Při spuštění ovládacího programu Toolstudio se zobrazí základní obrazovka. Zde je volena možnost vytvoření sady kotoučů viz obr 7.3.



Obr. 7.3 Volba tvorby sestavy kotoučů na základní obrazovce [6]

Po otevření okna pro tvorbu sady kotoučů vytvoříme sadu-1, přidáním kotouče 12V9 a 11V9, stejným způsobem bude vytvořena sada-2, která bude osazena kotoučem 1A1. Každý kotouč se nadefinuje dle jeho parametrů, jednotlivé sady se uloží. Názorné zobrazení tvorby sad kotoučů viz obr. 7.4.



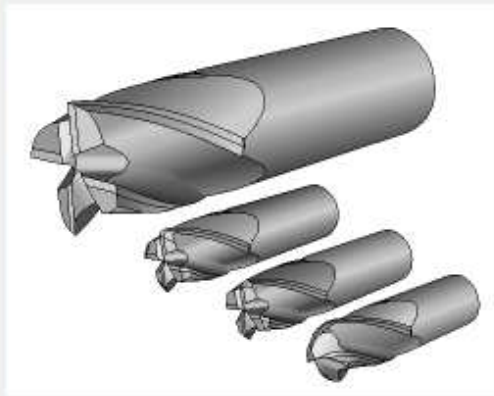
Obr. 7.4 Tvorba sad kotoučů [6]

Následně se postup vrátí na základní obrazovku, kde se přes ikonu Tool Wizard spustí průvodce tvorby nástroje, ve které se přes nabízené volby nadefinuje standardní tvar nástroje. Každá možnost zadání má i své grafické vyobrazení. Ukázka průvodce čtyřbřité frézy viz. tab. 7.1.

Tab. 7.1 Průvodce Tool Wizard [6]

**Průvodce nástroji**

Vyber typ nástroje.



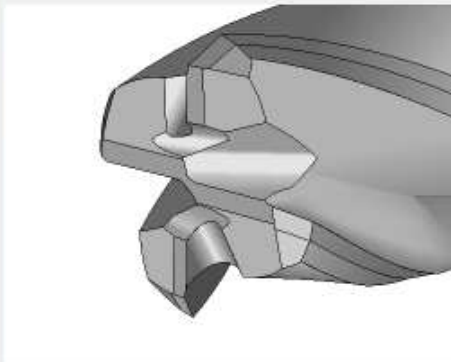
**Vyber typ nástroje**

- Válcová fréza
- Kulová fréza
- Stupňový nástroj
- Libovolný
- Vrták
- Výstružník
- Burr
- Service

---

**Průvodce pro válcové frézy**

Vyber typ čela ▶ Chamfer ▶ Vyber kratší/delší břity ▶ Vyber geometrii obvodu ▶ Nastav čelo na obvodu ▶  
 Nastav úhel hřbetu na obvodu ▶ Zadej rozměry IDČ ▶ Properties



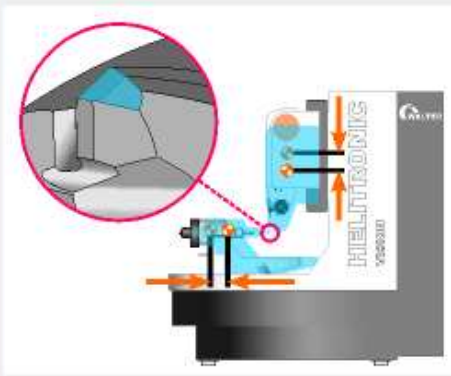
**Vyber typ čela**

- Ostrá hrana
- Sražená hrana
- Plný rádius
- Rohový rádius
- Zkosený rohový rádius
- Dvojitý rádius
- Přidat měření
- Přidat vybroušení
- Výroba
- Přebroušení

---

**Průvodce pro válcové frézy**

Vyber typ čela ▶ Chamfer ▶ Vyber kratší/delší břity ▶ Vyber geometrii obvodu ▶ Nastav čelo na obvodu ▶  
 Nastav úhel hřbetu na obvodu ▶ Zadej rozměry IDČ ▶ Properties

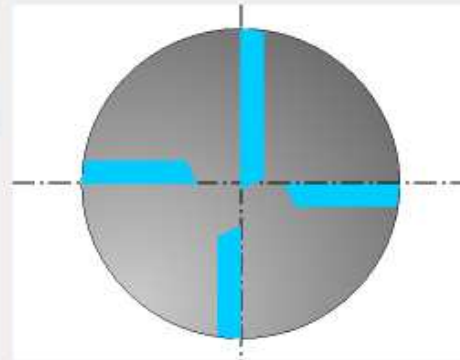


**Chamfer**

Chamfer clearance should use only 2 axes

## Průvodce pro válcové frézy

Vyber typ čela ▶ Chamfer ▶ **Vyber kratší/delší břity** ▶ Vyber geometrii obvodu ▶ Nastav čelo na obvodu ▶  
Nastav úhel hřbetu na obvodu ▶ Zadej rozměry IDČ ▶ Properties

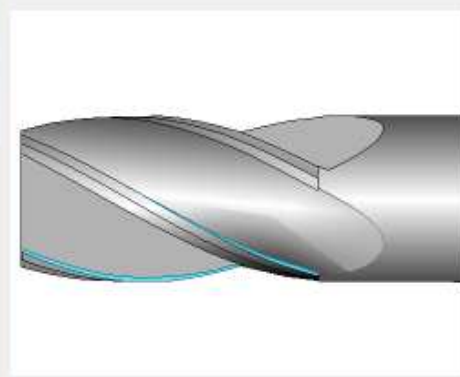


## Vyber kratší/delší břity

Number of Teeth Number of Long Edges 

## Průvodce pro válcové frézy

Vyber typ čela ▶ Chamfer ▶ Vyber kratší/delší břity ▶ **Vyber geometrii obvodu** ▶ Nastav čelo na obvodu ▶  
Nastav úhel hřbetu na obvodu ▶ Zadej rozměry IDČ ▶ Properties

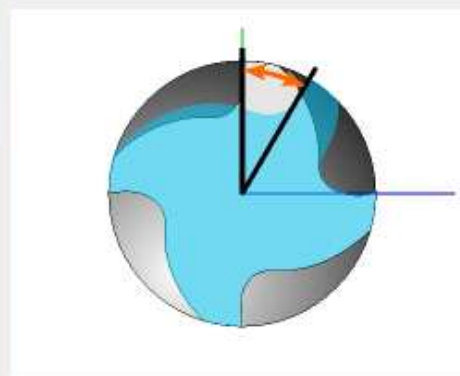


## Vyber geometrii obvodu

 Válcová KónickáKónický úhel  ° Vytvoř K-Land na obvodu Vytvoř dělič třísek na obvodu

## Průvodce pro válcové frézy

Vyber typ čela ▶ Chamfer ▶ Vyber kratší/delší břity ▶ Vyber geometrii obvodu ▶ **Nastav čelo na obvodu** ▶  
Nastav úhel hřbetu na obvodu ▶ Zadej rozměry IDČ ▶ Properties



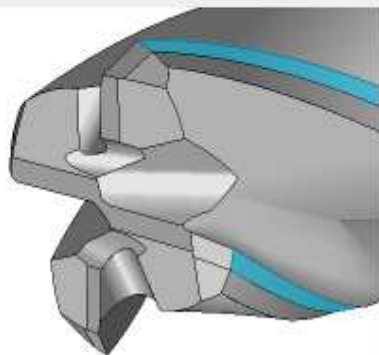
## Nastav čelo na obvodu

 Šroubovice  ° Stoupání  mm Broušení hřbetu 3. průchod Nerovnoměrné dělení



### Průvodce pro válcové frézy

Vyber typ čela ▶ Chamfer ▶ Vyber kratší/delší břity ▶ Vyber geometrii obvodu ▶ Nastav čelo na obvodu ▶  
Nastav úhel hřbetu na obvodu ▶ Zadej rozměry IDČ ▶ Properties

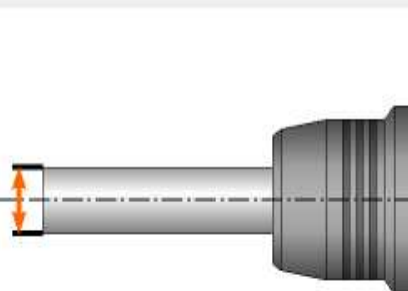


#### Nastav úhel hřbetu na obvodu

- Eccentric
2.  Fazetkový
- Počet fazet

### Průvodce pro válcové frézy

Vyber typ čela ▶ Vyber kratší/delší břity ▶ Vyber geometrii obvodu ▶ Nastav čelo na obvodu ▶ Nastav úhel hřbetu na obvodu  
Zadej rozměry IDČ ▶ Properties

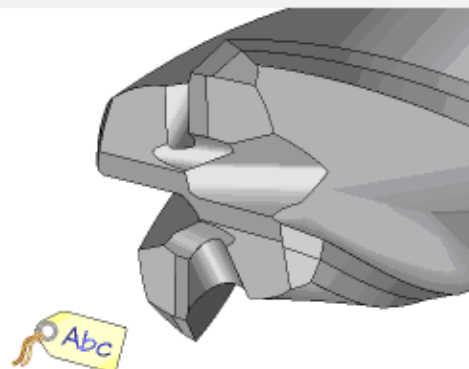


#### Zadej rozměry IDČ

- Délka břitu  mm
- Délka polotovaru  mm
- Průměr nástroje  mm
- Průměr polotovaru  mm

### Průvodce pro válcové frézy

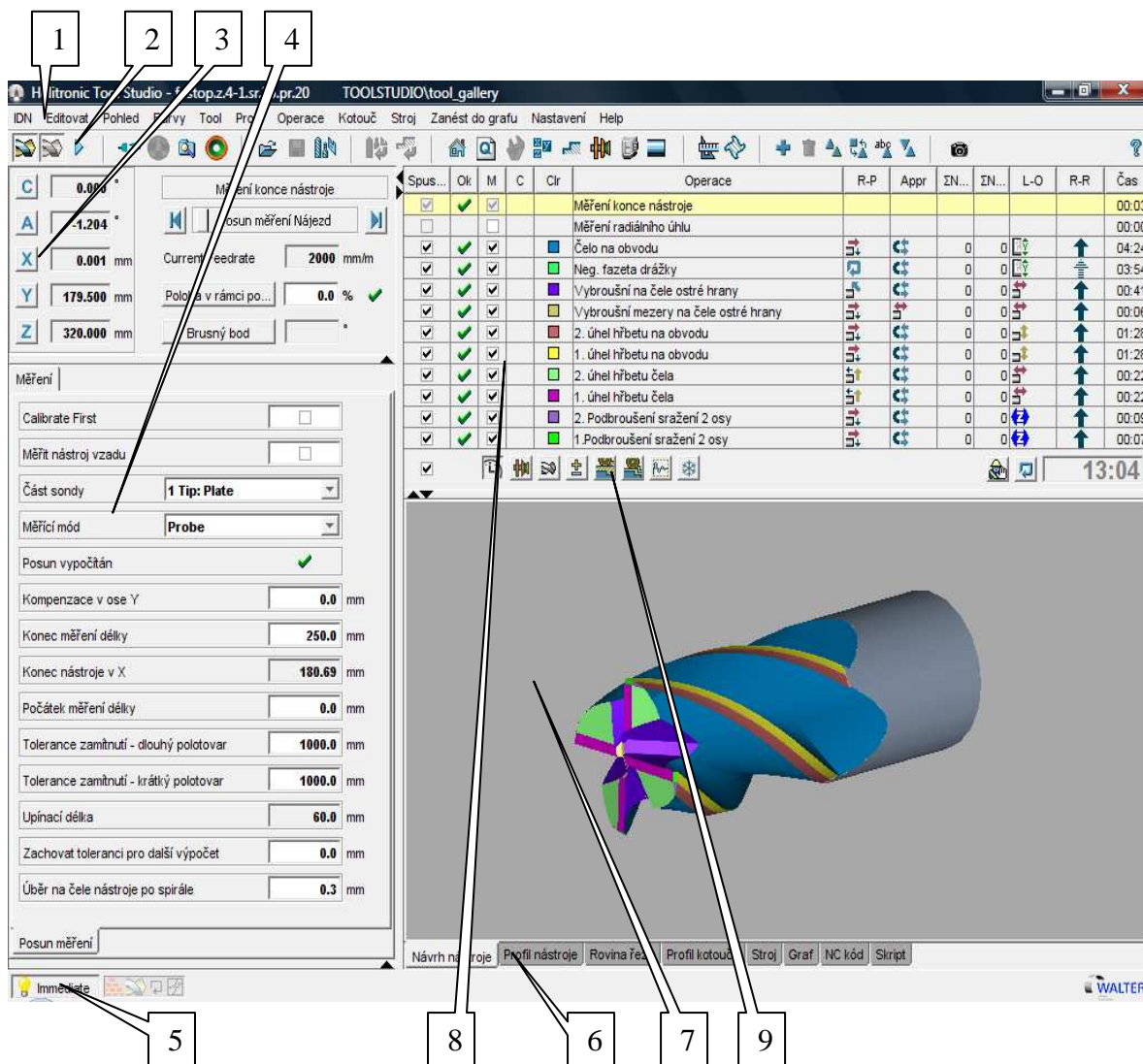
Vyber typ čela ▶ Chamfer ▶ Vyber kratší/delší břity ▶ Vyber geometrii obvodu ▶ Nastav čelo na obvodu ▶  
Nastav úhel hřbetu na obvodu ▶ Zadej rozměry IDČ ▶ Properties



#### Properties

- IDČ
- Směr šroubovice
- Směr řezání
- Materiál
- Předbroušený poloto...

Po vyplnění dialogových oken Tool Wizardu postup programování přechází do hlavního prostředí, kde je možnost upravovat parametry nástroje. Na obr. 7.5 jsou popsány jednotlivé funkční části programovacího prostředí.



Obr. 7.5 Popis funkčních částí [6]

- Lišta menu-** jsou zde zobrazena všechna menu s prokládanými příkazy. K této liště menu je možné dospět přes klávesnici pomocí klávesy F10. Navigace po klávesnici v liště menu se provádí šipkami.
- Nástrojová lišta-** příkazy, které často používáme, jsou jako tlačítka uspořádány v jedné řadě pro rychlé použití.
- Stavové okno-** v závislosti na případu aktivní funkce se zde může prolínat například zobrazení polohy, pohled z profilu, okno řezu, menu kotouče nebo data stroje.



4. **Okno parametrů**- zobrazení parametru zvolené operace, parametry se zde mohou měnit.
5. **Stavová lišta**- tlačítko pro vypnutí přepočtu parametru po jeho změně (umožňuje rychlejší zadání více parametrů bez provedení simulace) s časovým ukazatelem probíhající simulace (přepočet hodnot).
6. **Grafické volby**- pomocí záložek lze listovat mezi návrhem nástroje, profilem nástroje, rovinou řezu, profilem kotouče, strojem, grafem, NC kódem, skriptem.
7. **Grafické zobrazení**- grafické informace o stroji, nástroji apod.
8. **Tabulka operací**- zobrazení všech operací, které se provádí k dosažení požadované geometrie. Při označení operace se v okně parametrů (bod 4) otevře nabídka možných úprav parametrů a v grafickém okně se v simulovaném nástroji daná operace zvýrazní. Kromě toho je k dispozici nástrojová lišta broušení, kterou je možné zvolit různá nastavení týkající se procesu výroby- ostření.
9. **Nástrojová lišta broušení**- zde je možnost upravovat proces broušení. Je zde možnost měnit parametry, jako směr broušení, korekce os, směr otáčení kotouče atd..

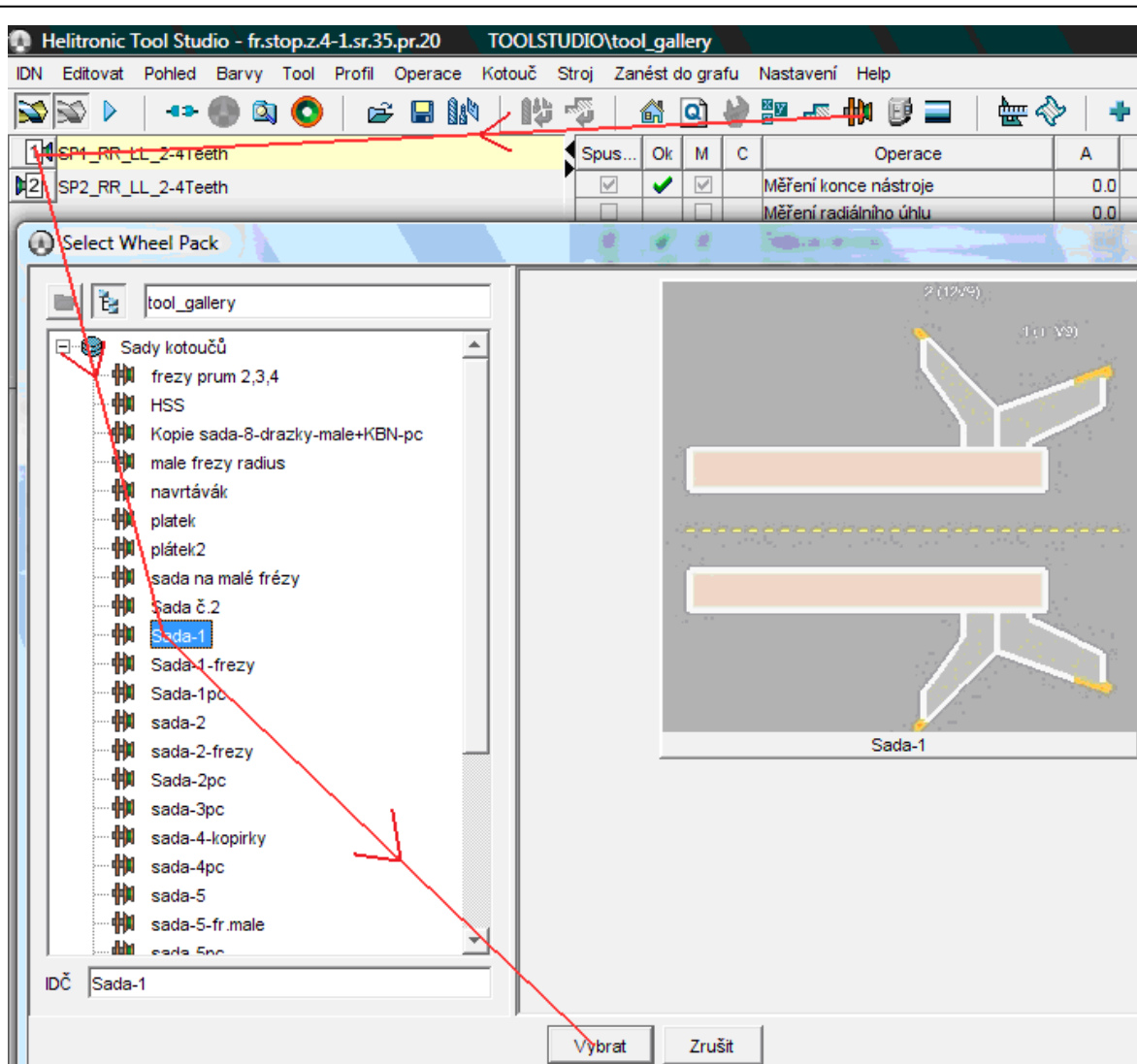
Vysvětlení důležitých ikon programovacího prostředí viz. Příloha 5.

### 7.3 Rozbor jednotlivých operací

Celý proces ostření-výroby nástroje se skládá z jednotlivých operací, které vytváří požadovanou geometrii. Po vyplnění tabulek průvodce Tool Wizard se získá základní tvar nástroje, který je možné dopracovat.

Následující obrázky popisují jednotlivé operace a jejich nejdůležitější části.

Jako první krok před úpravou operací je volba sestavy kotouče na vřetenu č. 1 a na vřetenu č. 2. Přes ikonu **Sady kotoučů** v **Nástrojové liště** se vyvolá do pozice **Stavového okna** možnost volby sady kotoučů. Po kliknutí na ikonu vřetene se zobrazí okno volby sestavy kotoučů a z této nabídky sestav se označí požadovaná sestava. Výběr se potvrdí přes ikonu **Vybrat**. Znázornění viz obr. 7.6. Sejný postup se opakuje pro volbu sady kotoučů na vřetenu č. 2.



Obr. 7.6 Volba sady kotoučů [6]

Dalším krokem je přiřazení jednotlivých kotoučů k operacím. Tvar a rozměry kotouče ovlivňují vzhled simulovaného nástroje.

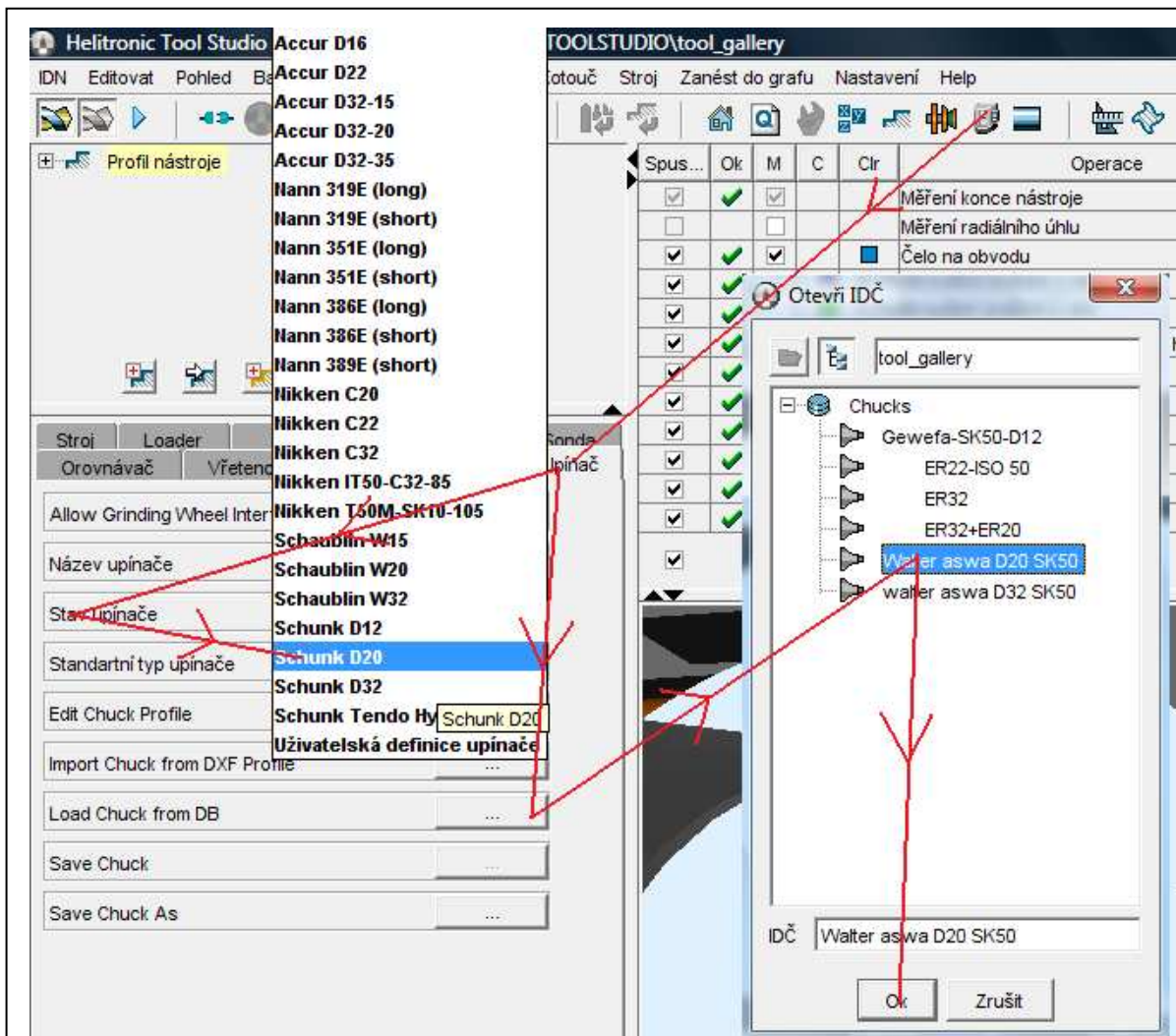
Přes ikonu **Nastavení brousicích kotoučů** v **Nástrojové liště broušení** se vyvolají do pozice **Tabulky operací** možnost přiřazení kotouče a sady kotoučů. Po kliknutí na název sady kotoučů se rozevře možnost výběru sady. Stejný postup platí i pro výběr kotouče. Tímto způsobem se nastaví i ostatní operace. Znárodnění viz obr. 7.7.

Spus...	Ok	M	C	Operace	Kotouč	Sada kotoučů	Strana	Setup...
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Měření konce nástroje				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Měření radiálního úhlu				
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Čelo na obvodu	1 (1A1)	sada-2		<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Neg. fazeta drážky	1 (1A1)	sada-2		<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Vybroušení na čele ostré hrany	2 (12V9)	Sada-1		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Vybroušení mezery na čele os...	2 (12V9)	Sada-1		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2. úhel hřbetu na obvodu	1 (11V9)	sada-2		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1. úhel hřbetu na obvodu	1 (11V9)	Sada-1		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2. úhel hřbetu čela	1 (11V9)	Sada-1		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1. úhel hřbetu čela	1 (11V9)	Sada-1		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2. Podbroušení sražení 2 osy	1 (11V9)	Sada-1		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1. Podbroušení sražení 2 osy	1 (11V9)	Sada-1		

Obr. 7.7 Přiřazení kotouče k operaci [6]

Dále se zvolí upínací prostředek. Sám program má určitou databázi upínačů od neznámějších firem. V případě, že v databázi není upínač námi vlastněný, je zde možnost nadefinovat jeho profil v profil editoru. Další možností je využití jiného rýsovacího programu, který je schopen uložit soubor s koncovkou .dxf. Vždy se rýsuje na začátku souřadnicového systému a to pouze jako polovinu profilu, kterou po uložení importujeme do databáze programu a ten profil "opíše" kolem vlastní osy a vytvoří prostorový válcovitý, místy kuželový upínač. Ukázka definování upínače v Profil editoru viz Příloha 6.

Volba definovaného upínače začíná kliknutím na ikonu **Stroj v Nástrojové liště**, tím se vyvolá do pozice **Okna parametrů** parametry stroje a v záložce **Upínač** je možnost zvolit upínače v kolonce **Standardní typ upínače** nebo **Load Chuck from DB**. Znárodnění viz obr. 7.8.



Obr. 7.8 Volba upínače [6]

Jednotlivé operace, které se nachází v prostředí Tool studia, mají různé symbolické označení. Každá operace, která bude provedena je označena "fajfkou". Pokud je zde "fajfka" zelená, signalizuje to korektnost operace. Další možné symboly vyjadřující stav operace viz obr. 7.9.



Obr. 7.9 Výstražné symboly [6]

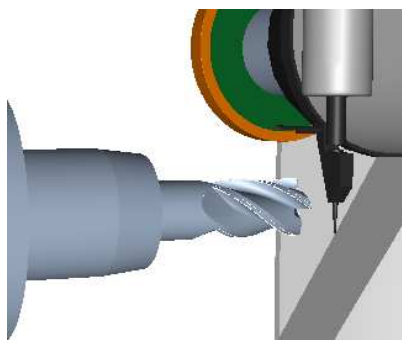
- Černý vykřičník na žluté trojúhelníkové ploše- varovná zpráva, operaci je možné brousit, ale výsledek by se měl zkontrolovat.
- Bílý vykřičník na červené kruhové ploše- varovná zpráva, operaci není možné brousit.

**Operace nutné k výrobě nástroje:**

## Operace č. 1: Měření konce nástroje

V této operaci dojde k zaměření délky nástroje.

Možné parametry nastavení viz Příloha 7.

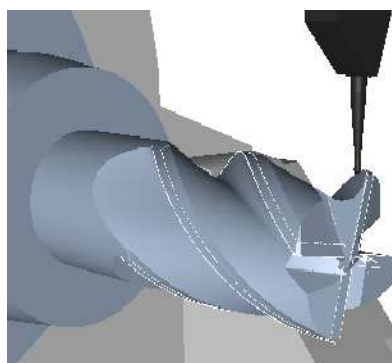


Obr. 7.10 Měření konce nástroje [6]

## Operace č. 2: Měření radiálního úhlu

Pokud je polotovár částečně vyhotoven do budoucí podoby nástroje, například předhotovená drážka, je u něj možné pomocí sondy zaměřit i drážku. U přebroušování nástrojů se standardně měří stoupání šroubovice a v případě nerovnoměrného dělení je měřena každá drážka zvlášť.

Možné parametry nastavení viz Příloha 7.

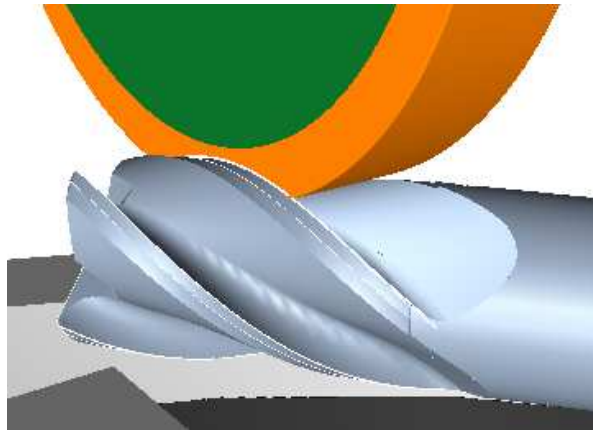


Obr. 7.11 Měření radiálního úhlu [6]

## Operace č. 3 Čelo na obvodu

V této operaci probíhá vybroušení šroubovitě drážky se stoupáním  $35^\circ$  za pomoci diamantového kotouče 1A1. Většina operací má podsložku Common, ve které se nastaví společné parametry. Ostatní podložky s názvem Břit 1, Břit 2, Břit 3, Břit 4 v závislosti na počtu břitů obsahují parametry každého břitu, které lze individuálně upravovat.

Možné parametry nastavení viz Příloha 7.

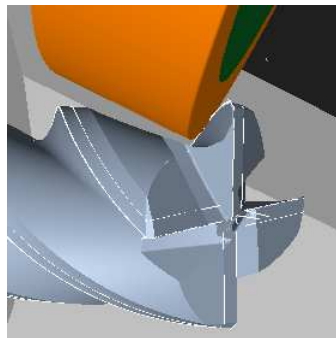


Obr. 7.12 Broušení drážky [6]

#### Operace č. 4 Negativní fazetka drážky

V této operaci bude vybroušena negativní fazetka na úhlu čela v drážce za pomoci diamantového kotouče 1A1.

Možné parametry nastavení viz Příloha 7.

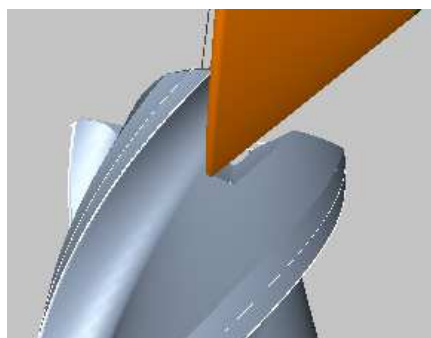


Obr. 7.13 Broušení negativní fazetky [6]

#### Operace č. 5 Vybroušení na čele ostré hrany

V této operaci dojde k vybroušení mezer na čele mezi jednotlivými břity za pomoci diamantového kotouče 12V9.

Možné parametry nastavení viz Příloha 7.

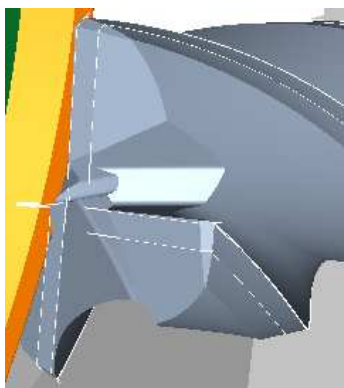


Obr. 7.14 Vybroušení na čele ostré hrany [6]

#### Operace č. 6 Vybroušení mezery na čele ostré hrany

V této operaci dojde k vybroušení dvou zápichů na čele pro lepší průchodnost třísky mezi břity za pomoci diamantového kotouče 12V9.

Možné parametry nastavení viz Příloha 7.

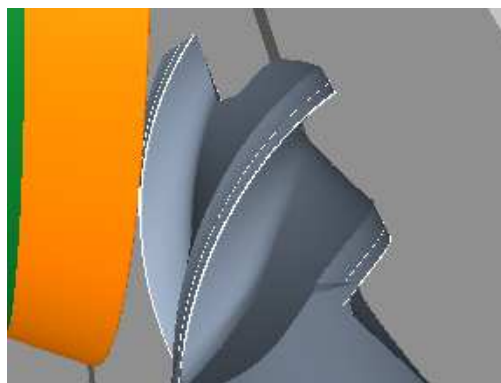


Obr. 7.15 Vybroušení mezery na čele ostré hrany [6]

#### Operace č. 7 Druhý úhel hřbetu na obvodu

V této operaci dojde k vybroušení druhé fazetky řezné části po obvodu pomocí diamantového kotouče 11V9.

Možné parametry nastavení viz Příloha 7.



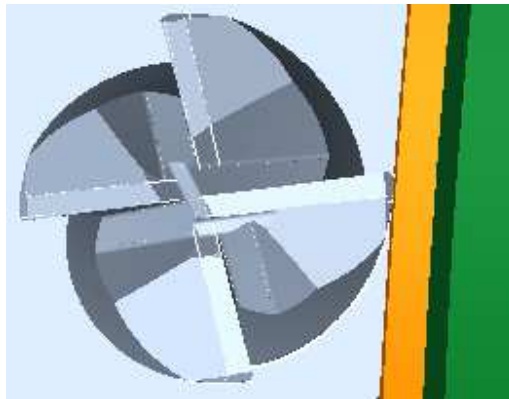
Obr. 7.16 Druhý úhel hřbetu na obvodu [6]

#### Operace č. 8 První úhel hřbetu na obvodu

V této operaci dojde k vybroušení první fazetky řezné části po obvodu pomocí diamantového kotouče 11V9.

Možné parametry nastavení viz Příloha 7.



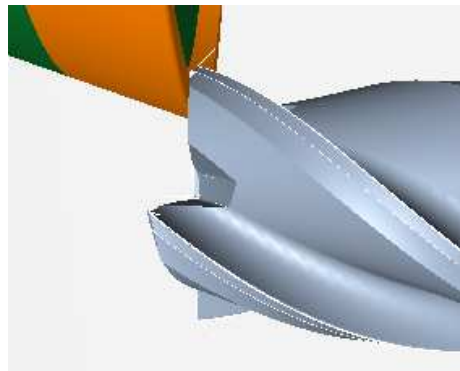


Obr. 7.17 První úhel hřbetu na obvodu[6]

#### Operace č. 9 Druhý úhel hřbetu na čele

V této operaci dojde k vybroušení druhé fazety řezné části na čele pomocí diamantového kotouče 11V9.

Možné parametry nastavení viz Příloha 7.

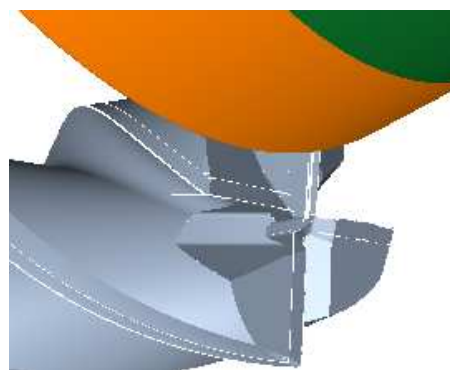


Obr. 7.18 Druhý úhel hřbetu na čele [6]

#### Operace č. 10 První úhel hřbetu na čele

V této operaci dojde k vybroušení první fazetky řezné části na čele pomocí diamantového kotouče 11V9.

Možné parametry nastavení viz Příloha 7.



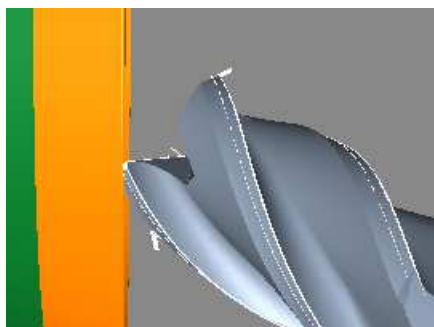
Obr. 7.19 První úhel hřbetu na čele [6]



### Operace č. 11 První podbroušení sražení

V této operaci dojde k vybroušení první fazety sražení na přechodu čela a hřbetu pomocí diamantového kotouče 11V9. Operace Druhé podbroušení sražení nebude uskutečněna, jelikož není potřeba a dojde tím k úspoře času.

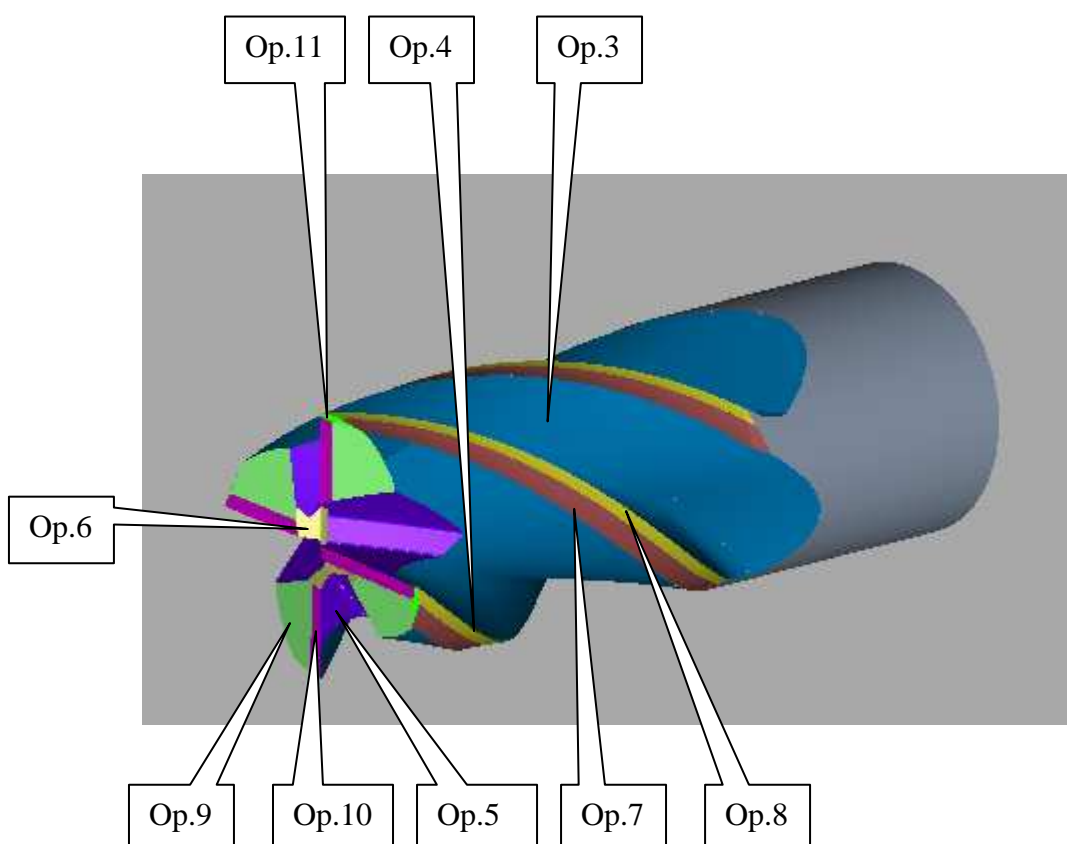
Možné parametry nastavení viz Příloha 7.



Obr. 7.20 První podbroušení sražení [6]

## 7.4 Vzhled hotového nástroje

Na obr. 7.21 lze vidět simulované vyobrazení nástroje s odkazy na jednotlivé operace.

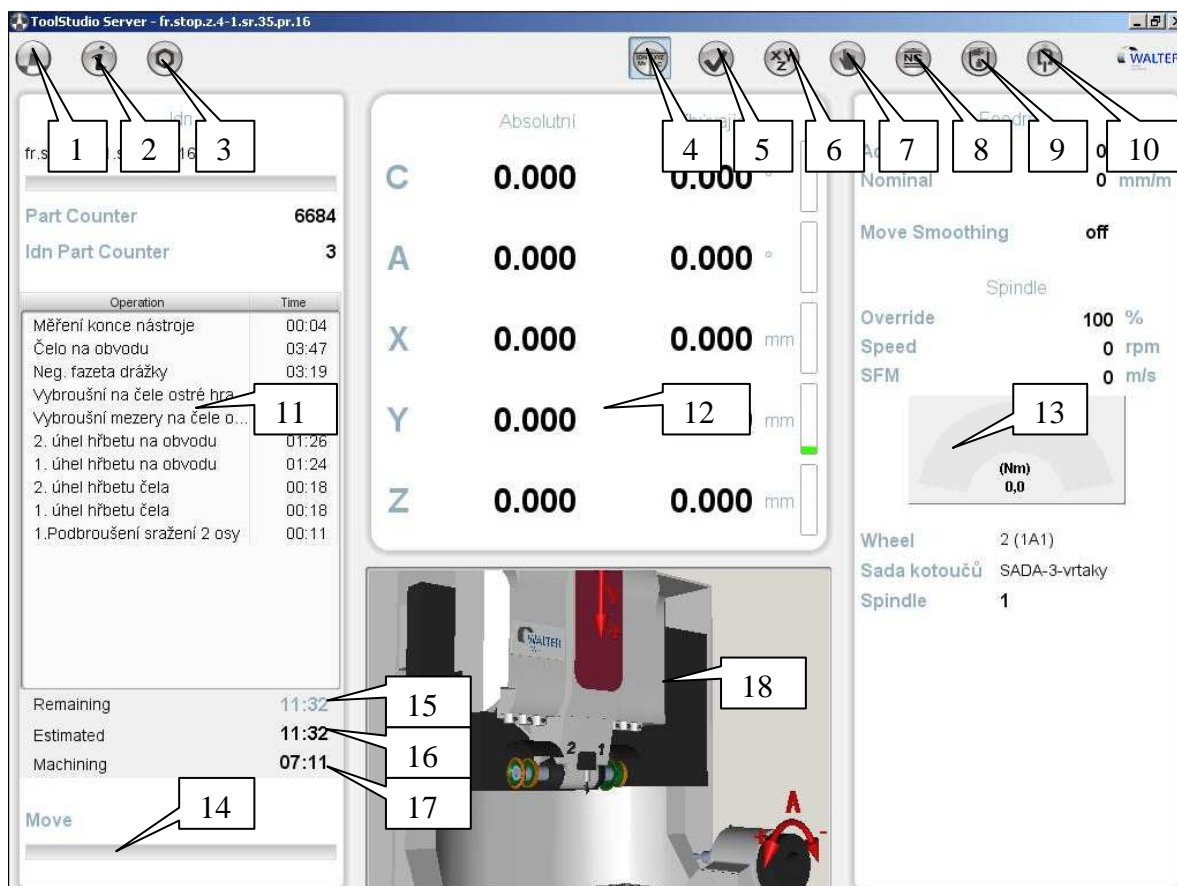


Obr. 7.21 Vzhled hotového nástroje [6]

## 7.5 Spuštění programu na stroji

Po dokončení programování se načte program přes klávesu F4 do tzv. Tool Studio Server, který komunikuje se strojem.

Na obr. 7.22 je znázorněno jeho uživatelské prostředí a jeho části.”



Obr. 7.22 Tool Studio Server [6]

### Legenda:

1. Přepnutí do programovacího prostředí Tool Studia
2. Zobrazení informací o načteném programu
3. Nastavení zobrazení
4. Kombinované zobrazení (viz obr. 7.22)
5. Hlášení o průběhu operací
6. Zobrazení pouze os
7. Kontrola přetížení vřetene
8. Zobrazení NC vět
9. Zobrazení pohybů stroje v průběhu operací
10. Batch (vářka)- v případě stroje se zásobníkem a automatickým podáváním slouží ke správě naprogramované sady nástrojů.
11. Zobrazení jednotlivých operací celého programu
12. Zobrazení stavu os
13. Ukazatel zatížení vřetene

14. Ukazatel aktuálního průběhu operace z hlediska doby trvání.
15. Zobrazení uplynulého času aktuální operace
16. Předpokládaná doba všech operací
17. Aktuální doba chodu stroje
18. Zobrazení pohybů stroje v průběhu operací

## 7.6 Kolize

Jelikož má stroj 5 pohyblivých os, hrozí během procesu výroby-ostření kolize. Pohyblivé součásti pevně spojené se strojem jsou přesně definovány v systému a jejich vzájemná kolize nehrozí. Možnost kolize je způsobena pouze lidským faktorem a to konkrétně špatně zadanými parametry.

### 7.6.1 Kolize nezjistitelné systémem

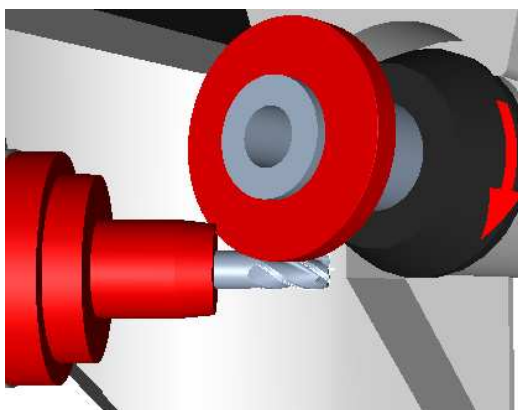
Pro různé nástroje jsou na stroji měněny upínače (odlišný tvar, rozměry) a trny s kotouči (odlišný tvar, rozměry, počet kotoučů). Software při zjišťování kolize vykonávaných operací počítá s těmito údaji, které zadala obsluha. Pokud je do procesu vybrán nepřesně nedefinovaný nebo jiný upínač a sada kotoučů, než jsou upevněny ve stroji, případně i špatně zadané rozměry nástroje-polotovaru, může dojít ke kolizi jednotlivých částí stroje jako například kolize kotouče s upínačem, kolize nástroje s měřicí sondou, kolize nástroje s vřetenem.

### 7.6.2 Kolize zjistitelné systémem

Pokud obsluha zadá všechny parametry korektně dle skutečnosti, software pracuje s těmito údaji a je schopen na případnou kolizi upozornit.

Nejčastější kolize jsou znázorněny níže.

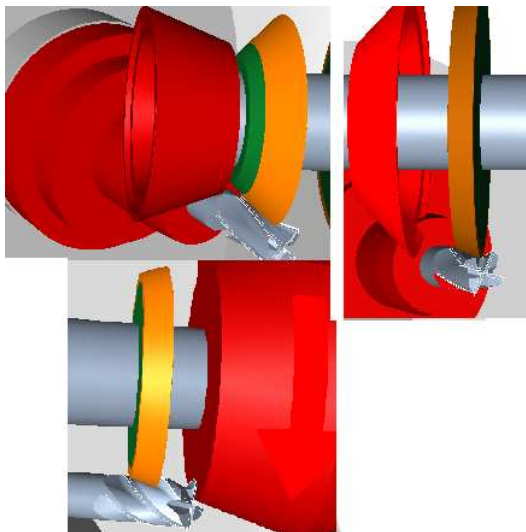
1. Nástroj není dostatečně vyložen- dochází ke kolizi kotouče s upínačem, nejčastěji při broušení drážky.



Obr. 7.23 Kolize při nedostatečném vyložení nástroje [6]

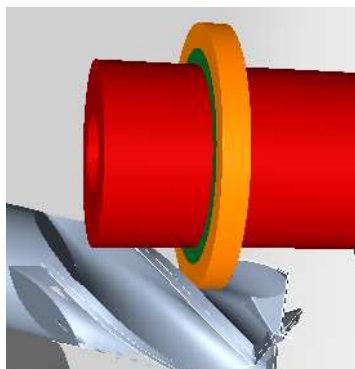
2. Nástroj, případně upínač je v kolizi s druhým kotoučem, který nemá být v záběru. Tato kolize se nejčastěji vyskytuje, když je malá vzdálenost mezi kotouči, kotouče jsou stejného průměru nebo je využíván kotouč osazen příliš

blízko u hnacího vřetene, kdy nástroj převážně o větší délce naráží do hnacího vřetene.



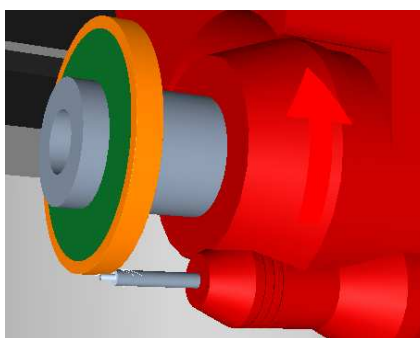
Obr. 7.24 Kolize při nevhodném rozložení kotoučů [6]

3. Je použit kotouč o malém průměru na nástroj o větších rozměrech, kdy vznikne kolize s upínacím trnem na kotouče.



Obr. 7.25 Kolize při malém průměru kotouče [6]

3. U kotouče typu 1A1 a jemu podobných je možnost volit bod broušení, neboli existuje volba hrany kotouče, kterou bude provedena operace. Pokud je špatně zvolena, může nastat kolize upínací části stroje s vřetenovou částí, například při předhrubování polotovaru nebo broušení profilových destiček.



Obr. 7.26 Kolize při nevhodné volbě brousícího bodu [6]

## 7.7 Zhodnocení procesu výroba-ostření

Kvalitní výroba-ostření nástrojů je možné provést jen na CNC strojích. Maximální přesnost těchto strojů a také vybavení automatickými pohony nejnovější generace i s programovým vybavením splňuje požadavky nejnáročnějších zákazníků. Tento CNC stroj je vyvinut pro vysoce výkonné broušení složitějších tvarů a zvládá úkony ve velmi vysoké přesnosti. Tato práce spočívá především na přesnosti měření měřicí sondou, která zaměří polotovar-nástroj tak, aby bylo upnutí zcela přesné, a posléze plynulost samotného procesu ostření-výroby zajišťují osy, které pomoci programování nejlépe optimalizují brousící proces.

Tab. 7.3 Výhody procesu ostření-výroby na stroji Helitronic Power

Hlavní Výhody	Popis výhody
Měřicí sonda	Sonda provede radiální a axiální polohování, změření dělení jednotlivých břitů, stoupání šroubovice a měření polohy řezných destiček v závislosti na brousícím programu.
Snížení přípravných i výrobních časů	Manuální nastavení stroje spočívá pouze v upnutí požadovaných sestav kotoučů a vhodného upínače nástrojů.
Jedno upnutí nástroje	Celý proces ostření-výroby nástroje je proveden na jedno upnutí, díky čemuž se snižuje riziko vzniku nepřesností opakovaným upínáním nástroje.
Reálná simulace nástroje	Je možné vidět výslednou podobu nástroje ještě před samotnou výrobou-ostřením.
Simulace kolize	V případě existující kolize nedovolí program spuštění stroje, dokud nebude problém vyřešen.
Proces ostření-výroby nástroje probíhá v uzavřeném prostoru	Obsluha nepřijde do styku s olejovou mlhou, která vzniká během procesu ostření-výroby. Tato mlha obsahuje mikroskopická zrníčka broušeného materiálu a díky odlučovací olejové mlhy se přes filtrační tkaninu filtruje a vrací zpět do chladicího procesu v podobě čistého oleje.

## 7.8 Testování nástroje

Vyhotovený nástroj byl použit k obrábění kalené oceli (obr. 7.29) na CNC frézovacím centru. Na tomto obrobeném materiálu byla pomocí drsnoměru změřena drsnost povrchu Ra [ $\mu\text{m}$ ] a srovnána s drsností po použití standardní čtyřbřité frézy o stejných rozměrech. Rozdíl v opotřebením nástroje byl zjištěn při frézování materiálu zvaném Stelit, který byl navařen na konstrukční ocel. Na

obr. 7.27 lze vidět srovnání opotřebení nástroje s nepřímým dělením břitů a negativní fazetkou v drážce oproti klasické čtyřbřité stopkové fréze. Oba nástroje byly použity na obrábění stejného materiálu a množství při stejných řezných podmínkách.

V Tab. 7.2 jsou vypsány základní parametry týkající se procesu obrábění.

Tab. 7.2 Testování nástroje [6]

Stroj	TAJMAC ZPS MCFV 106 TREND
Drsnoměr	Mitutoyo SJ-400
Obráběný materiál pro srovnání drsnosti	19 541- nástrojová ocel na nástroje pro stříhání a tváření za studena. Tvrdost 50-51 HRC.
Obráběný materiál pro srovnání opotřebení	Stelit- netvárná slitina kobaltu s chromem, wolframem, uhlíkem, popř. dalšími prvky. Navaňuje se přímo na podkladový materiál, a to bez použití přídavných materiálů. Výsledkem je tedy velmi pevný spoj, přičemž stelit sám je mnohem odolnější proti opotřebení než materiál podkladový. Tvrdost 49-50 HRC.
Zjištěná drsnost povrchu	Standardní fréza $Ra = 1,3 \mu\text{m}$
	Upravená fréza $Ra = 1,3 \mu\text{m}$
Řezné podmínky	$V_c = 84 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$
	$n = 1000 \text{ min}^{-1}$
	$V_f = 200 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$
Počet obrobených kusů na jednu frézu	$K_s 4$

Na Obr. 7.27 lze vidět stejnoměrné opotřebení břitů nástroje s negativní fazetkou oproti standardnímu nástroji, kde docházelo k vylamování ostří.



Obr. 7.27 Srovnání opotřebení nástroje



Na obr. 7.28 je znázorněn obráběný polotovár a následná vyhotovená součást, která slouží jako uchopovací kleště pro manipulaci s výkovky.

Hlavní výhodou testovaného nástroje je snížení poškození funkční části oproti standardnímu, kdy při přestřžení postačují menší úběry a tím se prodlužuje jeho životnost. Mezi další výhody patří plynulejší chod, snížení vibrací, vyšší odolnost při přerušovaném řezu.

Cena nástroje s nerovnoměrným dělením břitů a s negativní fazetkou je o 15 % dražší, tj. 1552 Kč, než cena standardně vyrobeného nástroje, která činí 1350 Kč.



Obr. 7.28 Obráběný polotovár a vyhotovená součást



Obr. 7.29 Polotovár z nástrojové oceli pro porovnání drsnosti

## 8 EKONOMICKÉ POSOUZENÍ NÁKLADNOSTI

V oboru výroby-ostření nástrojů je samozřejmě nejdůležitější stroj samotný. K němu je ale nutné vynaložit další náklady. Mezi základní patří odlučovač olejové mlhy, softwarové vybavení, příslušenství, vzduchotechnika a nástrojový materiál.

V následující tabulce je uvedena přibližná cena stroje Helitronic Power a některých nutných položek pro běžný provoz, aby bylo možné získat určitou představu o nákladnosti v tomto oboru.

Tab. 8.1 Orientační cena stroje a důležitých položek [5], [6]

Položka	Doplnění informací	Cena Kč
Stroj	Zahrnuje stroj, ovládací PC, olejovou vanu, základní programy.	4 950 000
Elektrostaticky odlučovač chladící mlhy a výparů	Nutný k odstranění hořlavé směsi oleje a vzduchu z pracovního prostoru stroje.	207 500
Softwarové vybavení	HELITRONIC TOOL STUDIO pro standardní nástroje.	102 500
Upínání a měření	Měřicí trn ISO 50, délka 200 mm. Ke stanovení referenčních bodů stroje.	12 825
	Seřizovací kotouč s krátkým kuželem.	9 875
	Upínací čep DIN 69872 tvar A pro nástroje, resp. upínací pouzdra s upínacím kuželem ISO 50, DIN 69871.	11 250
	Kleštinový upínací systém KM 20 včetně kleštin pro upínací průměr 6/8/10/12/16 mm s upínacím pouzdem L = 80 mm.	28 250
	Ruční upínací pouzdro Hydrodehn provedení stopky ISO 50, DIN 69871 Délka od teoret. průměru kužele ISO50: 77 mm Upínací průměr 12 mm Vnější průměr 32 mm.	12 300
	Redukce upínacího pouzdra Hydrodehn SK50 d=12 mm Rozměry: 3, 4, 5, 6, 7, 8 mm. Cena za kus.	2 325
	1A1- průměr 100 mm, šířka 12 mm, výška brousící části 3 mm, DIA.	2 190
Kotouče – pryskyřičné pojivo	12V9 45° průměr 100 mm, šířka 3 mm, výška brousící části 10 mm, DIA.	1 890
	11V9 70° průměr 100 mm, šířka 3 mm, výška brousící části 10 mm, DIA.	1 190
	12V9 45° průměr 100 mm, šířka 3 mm, výška brousící části 10 mm, KBN.	2 370



Položka	Doplnění informací	Cena Kč
	11V9 70° pr úměr 100 mm, šířka 3 mm, výška brousící části 10 mm, KBN.	2 290
Chladící kapalina	Brousící olej, vana na chladící medium o objemu 400L. Cena za litr.	125
Kompresor šroubový	Nutný pro chod stroje, jehož pohony jsou založeny na stlačeném vzduchu (max. přetlak 9bar, výkon motoru 4 kW).	87 600
Sušička vzduchu	Je napojená na vývod z kompresoru, kdy ze vzduchu odstraňuje veškerou vlhkost, která je nežádoucí v pneumatické soustavě stroje.	25 360
SK polotovary (roubíky)	Monolitní nástroje z Sk jsou ekonomické pouze do průměru 32, větší průměry jsou nahrazeny břitovými destičkami.	
	Roubík průměr 3-h5 délka 330mm / jakost K10.	137
	Roubík průměr 4-h5 délka 330mm / jakost K10.	190
	Roubík průměr 6-h5 délka 330mm / jakost K10.	304
	Roubík průměr 8-h5 délka 330mm / jakost K10.	513
	Roubík průměr 10-h5 délka 330mm / jakost K10.	730
	Roubík průměr 12-h5 délka 330mm / jakost K10.	982
	Roubík průměr 14-h5 délka 330mm / jakost K10.	1 387
	Roubík průměr 16-h5 délka 330mm / jakost K10.	1 706
	Roubík průměr 18-h5 délka 330mm / jakost K10.	2 152
	Roubík průměr 20-h5 délka 330mm / jakost K10.	2 623
	Roubík průměr 25-h5 délka 330mm / jakost K10.	4 086
	Roubík průměr 32-h5 délka 330mm / jakost K10.	6 694

Z uvedených hodnot lze vyčíst, že pořízení tohoto stroje je poměrně nákladná záležitost. Od toho se však odvíjejí ceny služeb poskytovaných pomocí tohoto stroje. V Příloze 8 je uveden možný ceník ostření a výroby standardních nástrojů.

## ZÁVĚR

V české ekonomice má zásadní význam role průmyslu. Pro národní hospodářství vytváří HDP, přispívá zahraničně obchodní bilanci i vytváření pracovních míst a celkové zaměstnanosti. Směr budoucího vývoje průmyslové výroby stále více určuje automatizace a robotizace s cílem vyrábět vše v krátkých časech s pomocí moderních technologických postupů a dosáhnout vyšší kvality odváděné práce a výrazně přispět k vysoké konkurenceschopnosti.

V současné době se opět situace ve strojírenském průmyslu výrazně zlepšuje a zakázky na ostření i výrobu nástrojů se zvyšují, k tomu dále přispívá i fakt, že velké firmy, zaměřené na strojírenskou výrobu, přechází postupně z vlastního ostření nástrojů na využívání externích služeb samostatných brusíren.

Pokud se firmy, které se zabývají ostřením a výrobou nástrojů, chtějí udržet na trhu nebo zvýšit svou konkurenceschopnost a konkurenční soupeření, je důležité, aby stále modernizovaly své brousicí i výrobní technologie. Tento fakt koresponduje i s udržením zákazníků, kteří postupně zvyšují své nároky na speciálně upravené nástroje, na kratší dodací lhůty a především na kvalitu.

V tomto směru je důležitým faktorem otázka investic. Vývoj v technologii ostření řezných nástrojů v posledních několika letech zaznamenal značný pozitivní posun zejména v CNC technice. Značný počet významných strojírenských podniků také investoval i v tomto směru. Pozadu nezůstaly ani malé firmy nabízející službu ostření nástrojů. Numericky řízené (CNC) ostříčky umožňují současným pohybem pěti nebo více souřadnicových os výrobu nebo přeastření nástrojů na jedno upnutí se zárukou vysoké reprodukovatelnosti. Vysoký výkon broušení není umožněn jen výkonným strojem, ale také díky využití kvalitního brusiva, kubický nitrid bóru a diamant, s možností přívodu velkého množství chladicího média do místa broušení pod vysokým tlakem. Moderní CNC ostříčka jejíž pořizovací hodnota se pohybuje od 4 do 10 miliónů Kč dokáže pokrýt velmi široké spektrum brusičských prací a řezných nástrojů.

Mnoho ostřiren vstoupilo do kontaktu se zákazníky, kteří svou výrobu zajišťují na CNC obráběcích centrech. Taková klientela vyžaduje řezné nástroje přeastřovat na CNC technice.

Obor ostření-výroba nástrojů zahrnuje znalosti z více odvětví průmyslu jako například nástrojové materiály, brousicí materiály a kotouče, technologie obrábění, geometrie nástrojů, povlakování. Dnešní CNC stroje jsou vybaveny propracovanými ovládacími softwary, které disponují intuitivním ovládním. Kombinace popisovaného stroje a softwaru tvoří propracovaný celek, který nahrazuje více strojů a v dnešní době zaujímá nenahraditelné postavení při výrobě a ostření nástrojů.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. CIHLÁROVÁ, P., HILL, M. and PÍŠKA, M. *Fundamentals of CNC Machining*. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. CNC INFORMATIONS. *HISTORY OF CNC*. 2005. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.cncinformation.com/cnc-info-cnc-information-cnc-general-info/cnc-machine-tool>>
3. Walter Maschinenbau GmbH, Germany- Tübingen. *Helitronic Power*. 2006. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.waltermachines.com/redwork/do.php?layoutid=403&node=2141741086&language=2>>.
4. Walter Maschinenbau GmbH, Germany- Tübingen. *Helitronic Power*. 2006. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <[http://www.waltermachines.com/redwork/mediapool/2141832710\\_helitronic\\_power\\_en\\_100dpi.pdf](http://www.waltermachines.com/redwork/mediapool/2141832710_helitronic_power_en_100dpi.pdf)>.
5. WALTER MASCHINENBAU GmbH. *Technická dokumentace- Návod k obsluze, Popis programu Tool Studio*., 2009. 436 s.
6. *Helitronic Tool Studio* [pocítacový program]. Version 1.8.154.0. 2010 [citováno 2011-06-04].
7. VTN - Servis, s.r.o., Praha. *Diamantové brusné kotouče*. 2004. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.vtn.cz/brusne-nastroje-diamantove/>>.
8. DIAMA CZ s.r.o., Česká Třebová. *Druh pojiva*. 2009. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <[http://www.diama.cz/druh\\_pojiva.html](http://www.diama.cz/druh_pojiva.html)>.
9. *DIAMANTOVÉ A CBN NÁSTROJE - SOUHRNNÝ KATALOG 09-10*. DIATOOLS s.r.o., Plzeň.
10. MM Průmyslové spektrum, Praha. *Upínače stopkových nástrojů*. 2008. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/upinace-stopkovych-nastroju>>.
11. MM Průmyslové spektrum, Praha. *Nová koncepce tepelného upínání nástrojů*. 2004. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/nova-koncepce-tepelneho-upinani-nastroju>>.

12. Engineering.indiabizclub. *DIN 69872 FORM B*. 2006. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <[http://engineering.indiabizclub.com/catalog/400956~din\\_69872\\_form\\_b~taiwan](http://engineering.indiabizclub.com/catalog/400956~din_69872_form_b~taiwan)>.
13. GEM PRECISION TOOL, India- Tamilnadu. *Collet Chuck Holder*. 2006. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <[http://www.gemprecisiontools.com/collet\\_chuck\\_holder.html](http://www.gemprecisiontools.com/collet_chuck_holder.html)>.
14. HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
15. MM Průmyslové spektrum, Praha. *Současnost a trendy povlakování technologií PVD*. 2003. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/soucasnost-a-trendy-povlakovani-technologie-pvd>>.
16. CemeCon s.r.o., Ivančice. *Povlakovací stroj*. 2008. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.cemecon.cz/prezentace-cemecon.php>>.
17. M&V, spol. s r.o., Vsetín. *PVD povlakování nástrojů STIMZET*. 2006. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <[http://www.stimzetvsetin.cz/data/povlakovani\\_cz.html](http://www.stimzetvsetin.cz/data/povlakovani_cz.html)>.
18. Brusmar, Kyjov. *Typy povlaků*. 2010. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.ostreninastroju.cz/vyroba-nastroju>>.
19. Brusmar, Kyjov. *Vlastnosti povlaků*. 2010. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.ostreninastroju.cz/vyroba-nastroju>>.
20. Shars. *Black Diamond Coating Grade*. 2007. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <[http://www.shars.com/products/view/7716/CCMT\\_2151\\_HF\\_YBC152](http://www.shars.com/products/view/7716/CCMT_2151_HF_YBC152)>.
21. Hauzer Techno Coating BV, Netherland- Van Heemskerckweg 2006. *Cutting Tools Coating*. 2010. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.hauzertechnocoating.com/index/EN/Cutting%20Tools%20Coating/74/0/>>.
22. MM Průmyslové spektrum, Praha. *Větší spolehlivost při upínání nástrojů*. 2009. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/vetsi-spolehlivost-pri-upinani-nastroju>>.
23. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Prel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Prel. z: Modern Metal Cutting – A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.

24. MM Průmyslové spektrum, Praha. *Efektivní frézování nerezové oceli*. 2010. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <[http://www.mmspektrum.com/multimedia/image/96/9639\\_big.jpg](http://www.mmspektrum.com/multimedia/image/96/9639_big.jpg)>.
25. CRS tools s.r.o., Vsetín. *Monolitní kuželové stopkové frézy*. 2008. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.crstools.cz/zavitovani/monolitni-kuzelove-frezy/>>.
26. LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky : Pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. Úvaly : Albra- pedagogické nakladatelství, 2003. 866 s. ISBN 80-86490-74-2
27. MM Průmyslové spektrum, Praha. *Řezná keramika a kubický nitrid boru*. 2003. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/rezna-keramika-a-kubicky-nitrid-boru>>.
28. ZPS-FN a.s., Zlín. *Charakteristika ocelí*. 2005. [online]. [cit. 6. dubna 2011]. Dostupné na WWW: <<http://www.zps-fn.cz/html/materialy-pouzivane-k-vyrobe-frez-22.html>>.
29. *CARBIDES FOR PRECISION CUTTING TOOLS 2008*. Gühring, s.r.o., Berlin.
30. WALTER MASCHINENBAU GmbH. *Technická dokumentace- Servisní příručka*., 2009. 221 s.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
$a_p$	[mm]	svislý záběr
$a_e$	[mm]	podélný záběr
Al		hliník
$Al_2O_3$		oxid hlinitý korund
bar		bar-tlak
B		kotouč kubického nitridu
B		pryskyřičná a jiná teplem tvrditelná organická pojiva
BF		pryskyřičné pojivo s výztuží
CA		oxidická keramika
CC		povlakovaná keramika
C		uhlík
CN		neoxidická keramika
CNC		Computer Numeric Control
CM		směsná keramika
CO		kobalt
Cr		chrom
CU		měď
$ct.cm^{-3}$		Karát na centimetr krychlový
°C		stupeň celsia
D		diamantový kotouč
D	[mm]	průměr
DLC		diamond Like Carbon
$d_2$	[mm]	průměr upínací části
$d_1$	[mm]	průměr funkční části
db		decibel-hluk
$dm^3.h^{-1}$		decimetr krychlový za hodinu
E		šelakové pojivo
HC		slinuté karbidy povlakované
HDP		hrubý domácí produkt
HRC		tvrdost
HSS		high speed steel
HT		nepovlakované slinuté karbidy
HW		nepovlakované slinuté karbidy
K		koncentrace
Kč		koruna
kg		kilogram
ks		kus
l		litr
LCD		Liquid Crystal Display
$l_1$	[mm]	celková délka nástroje
$l_2$	[mm]	délka funkční části nástroje
$l_3$	[mm]	délka upínací části
$Mo_2C$		karbid dimolibdenu
Mo		molibden

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
MTCVD		Middle Temperature Chemical Vapour deposition
MG		magnezitové pojivo
n	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky
NbC		Karbid niobu
PKD		polykrystalický diamant
KNB		Kubický nitrid boru
PKNB		polykrystalický nitrid boru
PVD		Physical Vapour Deposition
CVD		Chemical Vapour deposition
PCVD		Plasma Chemical Vapor Deposition
p	[GPa]	tlak
PL		plastické pojivo
R		pryžové pojivo
Ra	[μm]	drsnost povrchu
RF		pryžové pojivo s výztuží
Rm	[N.mm <sup>-2</sup> ]	pevnost materiálu
SK		slinutý karbid
SiC		karbid křemíku
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>		nitrid křemičitý
TiC		karbidu titanu
TiN		nitridu titanu
TaC		karbid tantalu
TiAlN		titan aluminium nitrid
U		polyuretanové pojivo
USB		universal Serial Bus
V		Keramické pojivo
V		vanad
v <sub>c</sub>	[m.min <sup>-1</sup> ]	režná rychlost
VBD		vyměnitelnými břitovými destičkami
v <sub>f</sub>	[mm.min <sup>-1</sup> ]	posuv
W		wolfram
WC		karbid wolframu
ZrO <sub>2</sub>		oxid zirkoničitý
96A		umělý korund hnědý
99Ba		umělý korund bílý
98A		umělý korund růžový
99SA		umělý korund mikrokrystalický
90MA		umělý korund monokrystalický
97EA		umělý korund zirkonový
48C		karbid křemíku černý
49C		karbid křemíku zelený
π		Ludolfovo číslo
°		stupeň
%		procento

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1    Značení a použití řezných materiálů
- Příloha 2    Příklad povlaků od firmy CemeCon
- Příloha 3    Řezné podmínky pro broušení
- Příloha 4    Sady kotoučů
- Příloha 5    Vysvětlení důležitých ikon pracovního prostředí
- Příloha 6    Profil editor
- Příloha 7    Ukázka parametrů nastavení jednotlivých operací
- Příloha 8    Orientační ceník ostření a výroby nástrojů



## Příloha 1 (1/5)

### Značení a použití řezných materiálů [26]

- Druhy a použití slinutých karbidů

#### Doporučené použití slinutých karbidů

Materiál/ISO	Pro soustružení – bez povlaku
S10 P10–P15	Soustružení načisto, vyvrtávání oceli a ocelolitiny. Obrábění vyššími řeznými rychlostmi, s malými průřezy třísky, nepřerušovaným řezem. Vysoká tuhost stroje.
S20 P10–P20	Soustružení načisto, polohrubování oceli a ocelolitiny. Obrábění vyššími a středními řeznými rychlostmi s malými a středními průřezy třísek. Rovnoměrná hloubka a nepřerušovaný řez.
S30 P25–P35	Soustružení oceli a ocelolitiny. Obrábění výkovků, odlitků s nečistým povrchem. Obrábění středními a nižšími řeznými rychlostmi s nerovnoměrnou hloubkou s přerušovaným řezem. Střední a větší průměry třísky.
S45 P40–P50	Soustružení oceli a ocelolitiny. Obrábění při nízkých řezných rychlostech a velkých průřezích třísky. Pro hrubování obrobků s nerovnoměrnou hloubkou třísky s přerušovaným řezem a nečistým povrchem za ztížených podmínek.
U30 M15–M20	Soustružení oceli, ocelolitiny, manganových ocelí, austenitických ocelí, temperované litiny a žárovzdorných slitin. Obrábění s plynulým i přerušovaným řezem, střední a nižší řeznou rychlostí s většími průřezy třísek. Vysoká houževnatost a odolnost proti opotřebení.
H05 K05–K10	Soustružení, vrtání a vyvrtávání šedé litiny, kalených ocelí, hliníkových slitin s vyšším obsahem křemíku, neželezných kovů, dřeva a umělých hmot. Obrábění při vyšších řezných rychlostech a malých průřezích třísky. Vyžaduje vysokou tuhost stroje.
H10 K10–K15	Soustružení šedé litiny, temperované litiny, automatových ocelí, kalené oceli, hliníkových slitin, neželezných kovů, dřeva a plastických hmot. Obrábění při vyšších a středních řezných rychlostech, malých a středních průřezích třísky. Vhodný pro obrobky s nečistým povrchem a pro přerušovaný řez.
H30 K20–K30	Slinutý karbid je určen pro soustružení litiny i korozivzdorné oceli pro nízké řezné rychlosti a velký průřez třísky. Vhodný je i pro obrábění neželezných kovů a plastů.
	Pro soustružení – povlakované
320P P10–P25 M10–M20	Soustružení oceli a ocelolitiny vyššími řeznými rychlostmi a středními posuvy. Soustružení načisto, polohrubovací soustružení a kopřování nepřerušovaným a lehčím přerušovaným řezem.
520P P15–P30	Soustružení, upichování oceli. Obrábění středními a vyššími řeznými rychlostmi při proměnlivé hloubce řezu, při malých a středních průřezích třísky.
525P P25–P35	Soustružení oceli, ocelolitiny, temperované litiny, korozivzdorných ocelí. Obrábění vyššími a středními řeznými rychlostmi při proměnlivé hloubce a přerušovaném řezu. Střední průřez třísky. Vhodný pro upichování ušlechtilých konstrukčních ocelí.
530P P30–P40 M15–M20 K10–K20	Houževnatý povlakovaný druh vhodný pro obrábění oceli, korozivzdorných ocelí a litiny, přerušovaným řezem, nižšími a středními řeznými rychlostmi.
535P P30–P40	Soustružení oceli, ocelolitiny a ušlechtilých konstrukčních ocelí. Obrábění středními řeznými rychlostmi při nerovnoměrné hloubce třísky s přerušovaným řezem. Střední až velké průřezy třísek.
210K K05–K15	Soustružení šedé litiny, temperované litiny, tvrdé litiny, kalených ocelí. Obrábění vyššími a středními řeznými rychlostmi a středními průřezy třísky při stabilních podmínkách. Použitelný při nižší řezné rychlosti a těžších podmínkách při obrábění.

## Příloha 1 (2/5)

Materiál/ISO	Pro frézování – bez povlaku
S25 P20 – P30	Frézování ocelí a ocelolitiny středními řeznými rychlostmi. Vysoká odolnost proti opotřebení.
S26 P20 – P30	Frézování oceli, ocelolitiny a korozivzdorných ocelí při středních řezných rychlostech a středních průřezech třísky. Vhodný pro frézování zalomených hřídelů. Je vysoce odolný proti tvoření příčných trhlin.
S30 P25 – P30	Frézování oceli a ocelolitiny středními řeznými rychlostmi, středními průřezy třísek při méně příznivých podmínkách obrábění. Vysoká houževnatost a odolnost proti opotřebení.
S45 P30 – P45	Frézování oceli a ocelolitiny středními až nižšími řeznými rychlostmi, středními a většími průřezy třísek při horších podmínkách obrábění. Vysoká houževnatost.
U30 M20 – M30	Frézování oceli, ocelolitiny, austenitických ocelí, temperované litiny a žárovzdorných slitin střední a nižší řeznou rychlostí. Vysoká houževnatost a odolnost proti opotřebení.
H10 K10 – K20	Frézování nelegované šedé litiny, temperované litiny, automatové oceli, kalené oceli, neželezných kovů při středních a vyšších řezných rychlostech malými a středními průřezy třísek. Vysoká odolnost proti opotřebení.
	Pro frézování – povlakované
520P P15 – P20	Frézování oceli středními a vyššími řeznými rychlostmi, při běžných pracovních podmínkách malými a středními průřezy třísek. Pro nestabilní podmínky jsou vhodné negativní fazetky na čele.
525P P20 – P30	Frézování oceli, ocelolitiny, korozivzdorných ocelí a temperované litiny při běžných pracovních podmínkách středními a vyššími průřezy třísek. Vysoká odolnost proti opotřebení.
530P P25 – P40 M15 – M20 K10 – K20	Frézování oceli, ocelolitiny, korozivzdorných ocelí a šedé litiny nižšími až středními řeznými rychlostmi při méně stabilních podmínkách obrábění. Vysoká houževnatost.
210K K05 – K15	Frézování legované i nelegované litiny, temperované litiny s krátkou třískou středními a vyššími řeznými rychlostmi a průřezy třísek. Vysoká odolnost břítu proti opotřebení a stabilita břítu. Frézování kalené oceli a tvrdé litiny.

## Příloha 1 (3/5)

Materiál/ISO	Pro beztržkové obrábění a speciální použití
HF3	Jádra průvleků pro tažení ocelových drátů malých průměrů, například kordových drátů.
HF7	Vysoce otěruvzdorný slinutý karbid pro nástroje, u kterých je požadována vysoká trvanlivost břitů. Pro monolitní nástroje na frézování, vrtání, vyměnitelné břitové destičky pro obrábění dřeva a Al slitin, vrtáky pro tištěné spoje průměr 1,0 až 2,0 mm, na součásti namáhané otěrem.
HF10	Slinutý karbid vysoce otěruvzdorný se zvýšenou pevností na ohyb. Pro monolitní nástroje složitých tvarů, vrtáky pro tištěné spoje do průměru 1,0 mm, nástroje na soustružení a frézování v jemné mechanice. Obrábění slitin s vysokou pevností, litiny, Al slitin, dřeva, plastů, tvrzeného papíru. Na součásti namáhané otěrem.
GJ6	Jádra průvleků pro tažení drátů, tyčí, trub z oceli a neželezných kovů, trysky, vodící pouzdra, soustružnické hroty, vložky dotykových ploch měřidel a jiných součástí namáhaných na otěr. Roubíky (s půlkruhovou hlavou) pro korunky menších průměrů na příklepové rotační vrtání betonu, armovaného betonu, vrtání hornin. Břitové destičky pro rotační řezné vrtání betonu, vrtání hornin. Břitové destičky pro rotační řezné vrtání měkkých hornin, lupku, sádrovce, kamenné a draselné soli. Možnost použití pro soustružení v oblasti ISO K20.
GJ9	Jádra průvleků pro tažení drátů, kruhových a profilových tyčí, trub z oceli a neželezných kovů. Vložky skládaných průvleků, vysokopevnostní matrice. Břitové destičky a roubíky nástrojů pro rotační vrtání hornin na jádro a destičky pro nože na rotační řezné vrtání hornin. Pro rotačně příklepové vrtáky středních průměrů na běžné a těžší vrtací práce ve stavebnictví.
GJ11	Jádra průvleků pro tažení kruhových a profilových tyčí z oceli a neželezných kovů, vložky skládaných průvleků, jádra lisovacích a hlubokotažných matric, vysokopevnostní matrice, plovoucí a pevně tažné trny.
GJ15	Polotovary různých dílů pro funkční části stříhacích a prostřikovacích nástrojů. Matrice pro lisovací nástroje. Destičky pro nástroje na opracování dřeva.
GH9	Břitové destičky pro korunky jednobřité a křížové na rotačně příklepové vrtání velmi tvrdých a abrazivních hornin (žula, tvrdé pískovce, vápence a křemence, železné rudy, uhlí a vměstky tvrdých hornin). Roubíky s půlkulovou hlavou pro vrtací korunky větších průměrů na rotačně příklepové vrtání. Břitové destičky a roubíky nožů pro brázdící a jiné důlní stroje. Roubíky pro silniční frézy na frézování povrchu živičných vozovek.
GH13	Břitové destičky pro korunky na rotační řezné vrtání měkkých hornin a korunky pro příklepové vrtání tvrdých hornin vrtačkami a vrtacími soupravami. Destičky pro sněžné pluhy. Díly pro drtiče stavebního odpadu. Válce na válcování ocelových drátů a tyčí pro výztuž betonu. Válce na kontitraš.
GH11	Břitové destičky pro korunky na rotačně-příklepové vrtání tvrdých a velmi tvrdých abrazivních hornin (tvrdé žuly, křemence) středními a těžkými vrtacími kladivy a těžkými saňovými kladivy. Destičky a roubíky nožů pro brázdící a jiné důlní stroje. Díly pro drtiče stavebního odpadu.
GH154	Břitové destičky pro korunky, válečky a destičky na nože pro brázdící a dobývací stroje, roubíky pro dláta na vrtání (pro zvláště velké hloubky vrtů). Součástí funkčních dílů stříhacích nástrojů.
GH20	Redukční vložky zápustek pro lisování nýtů a šroubů M3 – M8 zastudena. Břitové destičky pro stříhací stroje.
GH25	Redukční vložky zápustek pro lisování nýtů, šroubů M8 – M12, hlavičnicků. Materiál pro lisování zastudena i zatepla.

## Příloha 1 (4/5)

- Druhy, vlastnosti a použití řezné keramiky

### Druhy, vlastnosti a použití

Druh	Označení	Složení	Vlastnosti	Použití
CA	DISAL 100	99% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Vysoká tvrdost a odolnost proti opotřebení za vysokých teplot (1 200 °C). Řezné rychlosti až 1 000 m/min.	Obrábění šedé litiny a konstrukčních ocelí nepřerušovaným řezem.
CC	DISAL 210 DISAL 220 DISAL 230	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + + ZrO <sub>2</sub>	Vysoká tvrdost, odolnost proti opotřebení za vysokých teplot, zvýšená houževnatost.	Obrábění šedé, sférické i temperované litiny, zušlechťených konstrukčních ocelí i rychlořezných ocelí.
CM	DISAL 310 DISAL 320	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + + TiC	Vysoká tvrdost a houževnatost, zvýšená odolnost proti teplotním šokům.	Obrábění kalených ocelí plynulým i přerušovaným řezem, lze použít chladicí kapalinu. Též pro dokončovací frézování.
CN	DISAL 400	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	Tvrdost a velmi vysoká houževnatost.	Obrábění všech druhů litiny (hrubování), přerušovaný řez, lze použít chladicí kapalinu. Frézování ocelí a litin.

- Druhy, označení, vlastnosti a použití supertvrdých řezných materiálů

Druh	Označení	Skupina	Vlastnosti			Použití
			Hustota (g . cm <sup>-3</sup> )	Mikrotvrdost (HV)	Součinitel tep. vodivosti (J/s . m . °C)	
BN	PKBN	Polykrystalický nitrid bóru	3,48	45	0,13	Soustružení a frézování kalených ocelových součástí. Obrábění bílé litiny (tvrdosti nad 50HRC), legované litiny, tvrdých návarů a stelitů.
DP	PKD	Polykrystalický diamant	3,5	90	0,21	Obrábění neželezných kovů (slitiny Al, Cu, Ti), keramických a plastických hmot s abrazivními plnidly, grafitu s abrazivními plnidly, pryže, kompozitních materiálů, laminovaných dřevotřísek. Soustružení, frézování, vrtání.

## Příloha 1 (5/5)

### Příklad nástrojových ocelí firmy ZPS-FRÉZOVACÍ NÁSTROJE [28]

#### HSS

Rychlořezná ocel středního výkonu, vhodná z hlediska houževnatosti na frézy menších průměrů a frézování materiálů do pevnosti 900 MPa.

#### HSSE

Litá, vysoce výkonná rychlořezná ocel s dobrou houževnatostí, vhodná především pro nástroje větších průměrů a kotoučové frézy.

#### HSS-Co5

Vysoce výkonná rychlořezná ocel s dobrou houževnatostí pro frézy a pro frézování materiálů do pevnosti 1200 MPa.

#### HSS-Co8

Vysoce výkonná ocel s dobrou houževnatostí a výbornou teplotní odolností. Vhodná především pro frézování vysoce pevných materiálů, austenitických ocelí, ocelí pro tváření za tepla atd.

#### HSSE-PM

Vysoce výkonná ocel vyrobená pomocí práškové metalurgie. Má homogenní strukturu, která se projevuje vyšší rozměrovou stálostí a trvanlivostí ostří nástroje. Vhodná pro obrábění vysoce pevných a těžce obrobitelných materiálů jako např. titanu a jeho slitin. Frézy z této oceli standardně dodáváme s povlakem AlTiN.

### Nástrojové oceli firmy ZPS [28]

	HSS	HSSE	HSS Co5	HSS Co8	HSSE-PM
ČSN	19 830	PN 422993	19 852		
DIN	1.3343		1.3243	1.3247	
Böhler	S600		S705	S500	
AISI	M 2		M 35	M 42	
C	0,90	1,15	0,92	1,10	1,28
Cr	4,1	4,1	4,1	3,9	4,2
Mo	5,0	3,1	5,0	9,2	5,0
V	1,8	3,1	1,9	1,2	3,1
W	6,4	6,5	6,4	1,4	6,4
Co			4,8	7,8	8,5
Tvrlost	62-65 HRc	63-67 HRc	63-67 HRc	63-68 HRc	64-67 HRc



## Příloha 2 (2/2)



### Fyzikální vlastnosti povlaků CemeCon

Název	Skupina	Složení	Struktura povlaku	Tvrdość HV 0,05	Max. teplota použití	Koef. tření s ocelí	Tloušťka povlaku $\mu\text{m}$ řezné destičky	Tloušťka povlaku $\mu\text{m}$ stopkové nástroje
ALOX SN <sup>2</sup>	Supernitrid	TiAlN	Nanokomposit	3500	1000	0,3	6 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1,3
TINALOX SN <sup>2</sup>	Supernitrid	TiAlN	Nanokomposit	3500	1000	0,3	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1 *
HSN <sup>2</sup>	Supernitrid	TiAlN	Nanokomposit	3800	1100	0,3	/	4 $\pm$ 1,3
HYPERLOX	Supernitrid	TiAlN	Nanokomposit	3700	1100	0,3	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1 <sup>1)</sup> / 4,5 $\pm$ 1,5 <sup>2)</sup>
CCAluSpeed	Borid	TiB <sub>2</sub>	Monolayer	4000	900	0,3	/	4,5 $\pm$ 1,5 <sup>2)</sup>
SUPERTIN	Harstoff	TiN	Monolayer	2300	600	0,4	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1 *
CCplusC	Superharstoff	TiAlN+C	Multilayer	3300	900	0,2	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1
CCplusD	SuperDLC	CrCN+DLC	grad. Multilayer	2800	500	0,1	/	3 $\pm$ 1
CCDia 08	Diamant	C	sp <sup>3</sup>	10000	700	/	**	**
CCDia HiCo	Diamant	C	sp <sup>3</sup>	10000	700	/	**	**
CCDia FiberSpeed	Diamant	C	sp <sup>3</sup>	10000	700	/	**	**
CCDia MultiSpeed	Diamant	C	sp <sup>3</sup>	10000	700	/	**	**

\* Standardní tloušťka, jiné tloušťky na požádání

\*\* Tloušťka závislá od nástroje

1) Stopkový nástroj

2) Odvalovací fréza



### Příloha 3

#### Řezné podmínky pro broušení [7]

- Řezné podmínky pro opracování SK

Druh broušení	Vazba kotouče	Řezná rychlost	Rychlost otáčení obrobku	Podélný posuv	Příčný posuv	Přísuv
		m.s <sup>-1</sup>	m.min <sup>-1</sup>	m.min <sup>-1</sup>	mm/zdvih	mm/průchod
Ostření nástrojů	pryskyřičná	20 - 25		1 - 1,5		0,01 - 0,03
	kovová	15 - 20		1 - 1,5		0,02 - 0,05
Rovinné broušení	pryskyřičná	25 - 30		4 - 5	0,5 - 1	0,01 - 0,03
	kovová	15 - 25		1 - 3	0,5 - 1	0,02 - 0,05
Vnitřní broušení	pryskyřičná	10 - 25	20 - 30			0,005 - 0,01
	kovová	10 - 20	20 - 30			0,01 - 0,02
Broušení na kulato	pryskyřičná	25 - 30				0,005 - 0,02
	kovová	20 - 30				0,01 - 0,03

- Řezné podmínky pro opracování kalené oceli

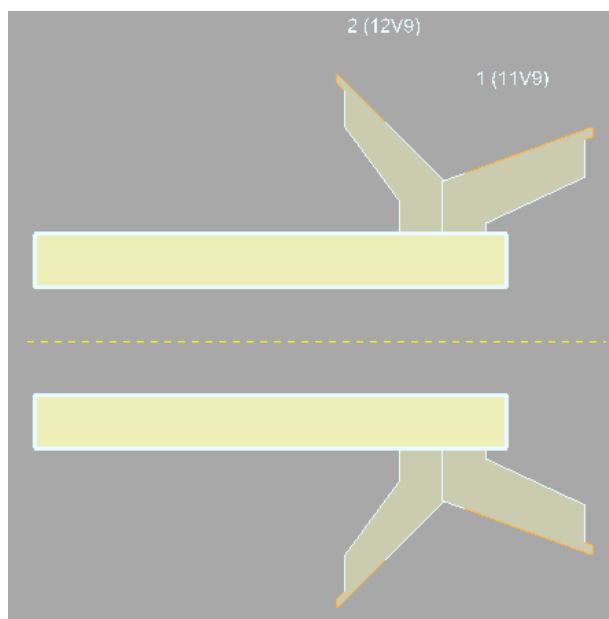
Druh broušení	Vazba kotouče	Řezná rychlost	Rychlost otáčení obrobku	Podélný posuv	Příčný posuv	Přísuv
		m.s <sup>-1</sup>	m.min <sup>-1</sup>	m.min <sup>-1</sup>	mm/zdvih	mm/průchod
Ostření nástrojů	pryskyřičná	20 - 30	----	0,5 - 1,5	----	0,01 - 0,03
	keramická	30 - 35	----	0,5 - 1,5	----	0,01 - 0,05
Broušení vnějších válcových ploch	pryskyřičná	30 - 40	8 - 10	0,5 - 1,0	----	0,002 - 0,01
	keramická	30 - 35	10 - 25	0,5 - 1,0	----	0,01 - 0,05
Broušení vnitřních válcových ploch	pryskyřičná	----	----	----	----	----
	keramická	10 - 35	8 - 25	0,3 - 1,0	----	0,002 - 0,005
Rovinné broušení	pryskyřičná	30 - 40	----	3 - 5	0,3 - 0,6	0,005 - 0,02
	keramická	30 - 35	----	8 - 10	0,3 - 0,6	0,04 - 0,1
Řezání s chlazením	pryskyřičná	25 - 30	----	0,1 - 0,2	----	0,2 - 0,8
Řezání bez chlazení	pryskyřičná	12 - 18	----	0,1 - 0,2	----	0,2 - 0,4

## Příloha 4 (1/2)

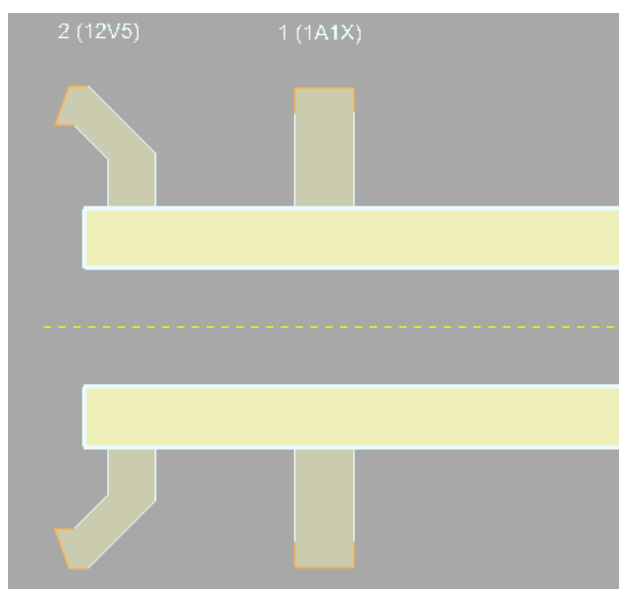
Sady brousicích kotoučů [6]

Mezi nejčastěji používané sady patří:

### 1. Kombinace kotouče 12V9 s 11V9

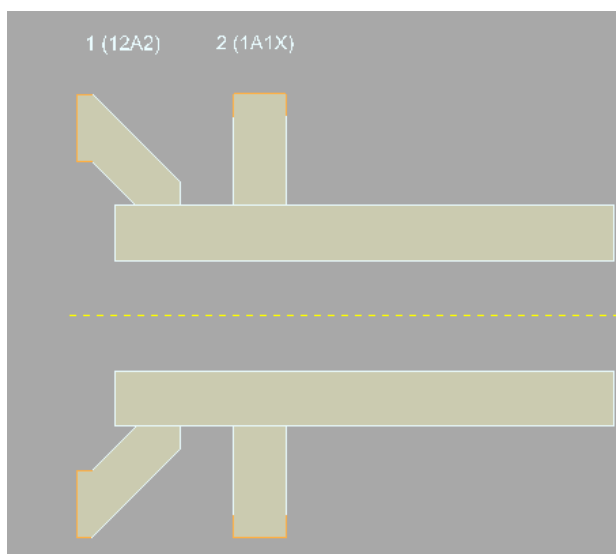


### 2. Kombinace kotouče 12V5 a 1A1 (případně 1V1)

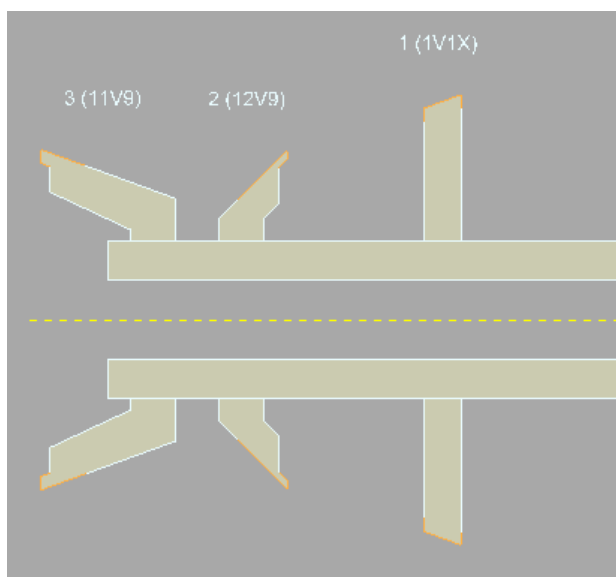


## Příloha 4 (2/2)

### 3. Kombinace kotouče 12A2 s 1A1



### 4. Kombinace kotouče 11V9, 12V9 a 1V1












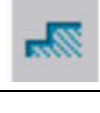


Lze vytvořit velké množství sad kotoučů. Musí se brát však na zřetel vzájemná vzdálenost kotoučů mezi sebou i od větene, pořadí, průměry a použití. Pokud je na trnu více kotoučů o různých průměrech, je výhodné je uspořádat do stromečkové struktury od největšího k nejmenšímu (největší bude nejbližší ke větenu).















## Příloha 5 (1/4)

Vysvětlení důležitých ikon pracovního prostředí [5], [6]



### 1. Nástrojová lišta

Tlačítko	Název	Popis
	Simulace	Všechny zvolené operace se vypočítají a simulují.
	Zobrazení simulace drážky	Zobrazení drážky nástroje, ikdyž tato operace nebude aktivní v procesu ostření-výroby nástroje.
	Broušení aktivní	Aktivní, když existuje spojení ke stroji nebo se na stroji lokálně pracuje.
	Broušení neaktivní	Neaktivní, když neexistuje spojení ke stroji a program je využíván externě.
	Animovat	Průběh procesu broušení pro všechny zvolené operace.
	Nový standardní obrobek	Spuštění průvodce Tool Wizard.
	Otevřít IDČ	Otevření dříve uloženého nástroje.
	Uložit IDČ	Uloží aktuální nadefinování nástroje.
	Strana IDČ	Vyvolání strany s hlavními parametry.
	Quickstrana	Vyvolání quickstrany se stávajícími parametry.
	Osy stroje	Vyvolání os stroje a jejich hodnoty.
	Profil editor	Vyvolání editoru profilů a možnost vytvoření profilu nového.









## Příloha 5 (2/4)

Tlačítko	Název	Popis
	Sady kotoučů	Vyvolání zobrazení sad kotoučů v grafickém okně spolu s příslušnými parametry.
	Stroj	Vyvolání zobrazení stroje v grafickém okně, dále se zobrazí záložky, ve kterých se dají upravovat jednotlivé parametry. ( např. změna upínače)
	Polotovar	Vyvolání okna na levé straně s informacemi o polotovaru a možnostmi jeho úpravy.
	IDN- Commande	Vyvolání IDNCommanderu, ve kterém lze spravovat uložené nástroje, sady, upínače.
	Editor kotoučů	Spuštění editoru brousicích kotoučů pro založení nebo změnu sad brousicích kotoučů.
	Strana Posit	Vyvolání strany Posit (možné pouze ve spojení se strojem), kdy se z programovacího okna přejde do okna průběhu procesu ostření-výroby.
	Měření	Vyvolání okna Měření, kde je možné měřit úhly a délky naprogramovaného nástroje.
	Rovina řezu	Vyvolání okna Rovina řezu. Umožňuje vytvoření řezů.
	Připojení operace	Zobrazí se nabídka jednotlivých operací, které lze přiřadit k profilu.
	Odstranění aktuální operace	Po označení operace ji lze odstranit.
	Kopírování operace	Jednotlivé operace je možné nakopírovat a opakovat v procesu ostření-výroby nástrojů.
	Konfigurace operace	Umožňuje přenastavení operace ve vztahu k ostatním.
	Přejmenování operace	Lze použít vlastní název operace.
	Změna pořadí operace	Z důvodu časové úspory pojezdu os, lze optimálně uspořádat operace.

## Příloha 5 (3/4)


Tlačítko	Název	Popis
	Uložit obraz nástroje	Připojení aktuálního zobrazení simulace jako obraz k uloženému nástroji.
	Obrázky nápovědy	Zobrazení obrázků nápovědy, které se mění v závislosti na označeném parametru.


### 2. Nástrojová lišta broušení

Tlačítko	Název	Popis
	Hlavní okno nastavení operací	Volí se druh příjezdu, změny pozice a odjezdu.
	Nastavení broušících kotoučů	Přiřazení kotoučů, bodu broušení.
	Nastavování broušení	Směr broušení, volba lunety, volba koníku.
	Korekce os	Možnost upravit nástroj pomocí změny jeho polohy nebo polohy kotouče při procese ostření-výroby.
	Hrubovací přísuvy	Nastavení řezných parametrů pro operaci hrubování jako rychlost řezu, posuv, úběr.
	Dokončovací přísuvy	Nastavení řezných parametrů pro operaci dokončování jako rychlost řezu, posuv, úběr.
	Adaptive Control	Regulace síly broušení a čidla přetížení.
	Chladicí systém	Ovládání ventilu a čerpadla.

## Příloha 5 (4/4)

### 3. Nástrojová lišta broušení-simulace

Tlačítko	Název	Popis
	Kontrola kolize	Stiskne-li se tlačítko 'Kontrola kolize', prověří se aktuální obrobek na kolize. Nejistí-li se žádná kolize, zobrazí se tato skutečnost pomocí zeleného bodu vedle názvu operace v okně operací.

Tlačítko	Název	Popis
	Ukazatel zbytkových drah	Pokud je toto tlačítko neaktivní, simulují se jen pohyby broušení. Po aktivaci jsou zahrnuty všechny pohyby jako nájezdy, pomalé nájezdy, odjezdy, repozice a je zobrazen celkový čas doby broušení.

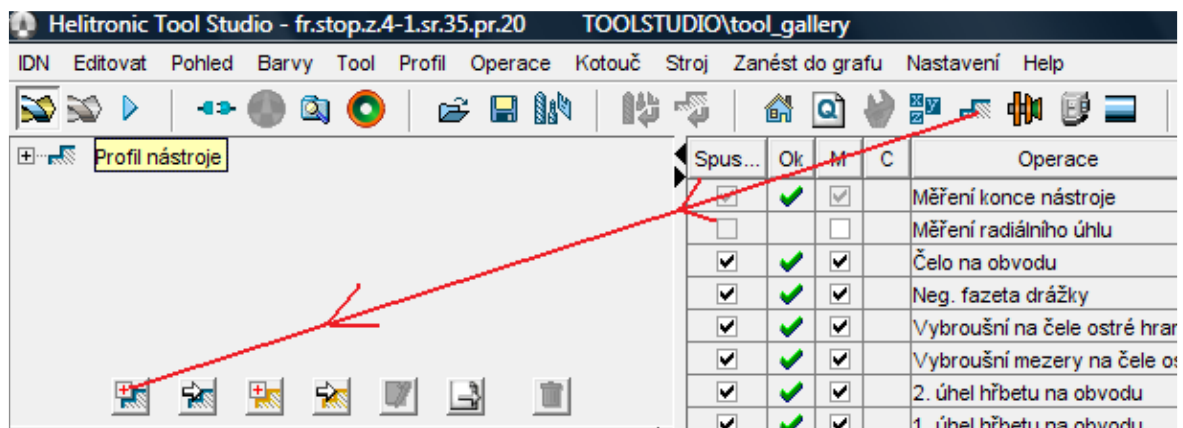


## Příloha 6

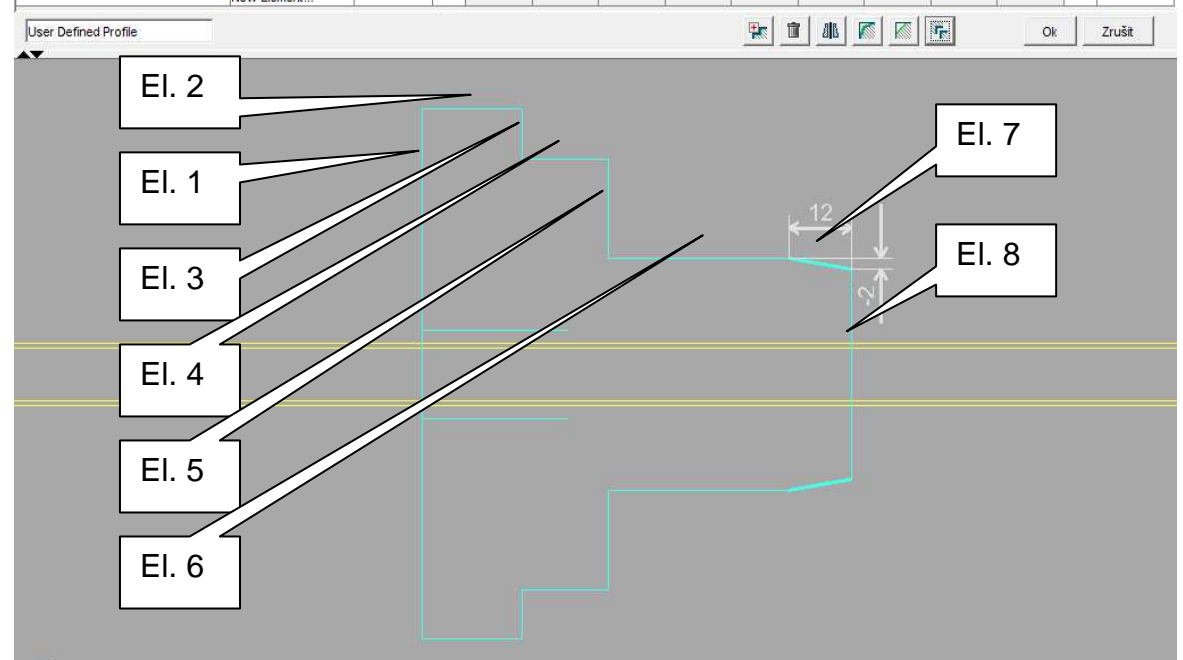
### Profil editor [6]

Práce v Profil editoru spočívá v zadávání jednotlivých elementů (křivek) požadovaného profilu a jejich hodnot (souřadnic X, Y, R) v podobě vertikály, horizontály, úsečky a poloměru oblouku. Z nich složíme celý obrys.

Vytváření profilu začíná kliknutím na ikonu **Profil editor** v **Nástrojové liště**, tím vyvoláme do pozice **Okna parametrů** možnost vytvoření nového profilu a následné otevření okna Profil editoru. Na obrázku níže je znázorněna tvorba profilu upínače.



Název	Shape	Typ	Join	Begin X	Begin Ø	End X	End Ø	Δ X	Δ Y	Begin An...	End Angle	Radius	Dir	Ref Element
element 1	Vertikála	dY		0.0	0.0	0.0	96.0	0.0	48.0	90.0	90.0			
element 2	Horizontála	dX		0.0	96.0	19.0	96.0	19.0	0.0	0.0	0.0			eleme...
element 3	Vertikála	dY		19.0	96.0	19.0	78.0	0.0	-9.0	-90.0	-90.0			eleme...
element 4	Horizontála	dX		19.0	78.0	35.5	78.0	16.5	0.0	0.0	0.0			eleme...
element 5	Vertikála	dY		35.5	78.0	35.5	42.0	0.0	-18.0	-90.0	-90.0			eleme...
element 6	Horizontála	dX		35.5	42.0	70.0	42.0	34.5	0.0	0.0	0.0			eleme...
element 7	Usečka	ΔX, ΔY		70.0	42.0	82.0	38.0	12.0	-2.0	-9.462	-9.462			eleme...
element 8	Vertikála	dY		82.0	38.0	82.0	0.0	0.0	-19.0	-90.0	-90.0			eleme...
	New Element ...													



## Příloha 7 (1/11)

Ukázka parametrů nastavení jednotlivých operací [6]

### 1. Možné parametry nastavení Měření konce nástroje

Měření	
Calibrate First	<input type="checkbox"/>
Měřit nástroj vzadu	<input type="checkbox"/>
Část sondy	1 Tip: Plate
Měřicí mód	Probe
Posun vypočítán	✓
Kompenzace v ose Y	0.0 mm
Konec měření délky	250.0 mm
Konec nástroje v X	180.69 mm
Počátek měření délky	0.0 mm
Tolerance zamítnutí - dlouhý polotovár	1000.0 mm
Tolerance zamítnutí - krátký polotovár	1000.0 mm
Upínací délka	48.0 mm
Zachovat toleranci pro další výpočet	0.0 mm
Úběr na čele nástroje po spirále	0.3 mm
Posun měření	

## Příloha 7 (2/11)

### 2. Možné parametry nastavení Měření radiálního úhlu

Měření radiálního úhlu	
Měřit všechny drážky	<input type="checkbox"/>
Měřicí mód	Probe
Hloubka měření	0.1 mm
Korekce úhlu v A	20.0 °
Najít drážku X	2.5 mm
Najít přesah hloubky drážky	0.1 mm
Najít rozdíl drážek	2.0 mm
Nejmenší nerovnoměrné dělení	70.0 %
Radiální přísuv	0.0 mm

## Příloha 7 (3/11)

### 3. Možné parametry nastavení Čelo na obvodu

Čelo na obvodu	Čelo na obvodu
Začištění na konci <input checked="" type="checkbox"/>	Vybrat posun <input checked="" type="checkbox"/>
Použít šroubovici <b>Angle</b>	Posun vypočítán <input checked="" type="checkbox"/>
Použij úhel čela <b>Standard</b>	Hloubka měření úhlu čela <b>0.4</b> mm
Šířka <b>Land</b>	Korekční úhel kotouče <b>3.994</b> °
Délka břitu <b>28.0</b> mm	Lead <b>71.787</b> mm
Průměr jádra čela <b>9.6</b> mm	Prodloužení brusné délky na konci <b>0.8</b> mm
Průměr nástroje <b>16.0</b> mm	Prodloužení brusné délky na počátku <b>0.0</b> mm
Zúžení na konci <b>0.0</b> mm	Příjezdový úhel <b>9.924</b> °
<b>Pokročilý</b>	Rádus oblouku zahlazení <b>1.6</b> mm
Nerovnoměrné dělení <input checked="" type="checkbox"/>	Úhel dělení <b>7.0</b> °
Vybrus samostatně <input checked="" type="checkbox"/>	Úhel oblouku zahlazení <b>60.0</b> °
Samostatná jádra <input type="checkbox"/>	Úhel čela <b>10.0</b> °
Použít hloubku drážky <input type="checkbox"/>	Úhel šroubovice <b>35.0</b> °
Kónické jádro <input type="checkbox"/>	Šířka zábřitu <b>2.24</b> mm
Zapichovat vpřed <input checked="" type="checkbox"/>	<b>Pokročilý</b>
Lapování <input type="checkbox"/>	Fázový úhel <b>0.0</b> °
Část kotouče <b>Rádus</b>	Požadovaný úhel hřbetu <b>0.0</b> °
Bezpečný odstup při krátkém přesunu <b>2.0</b> mm	Rychlost výjezdu ze zahlazení <b>100.0</b> %
Fázový úhel <b>0.0</b> °	Směr zahlazení <b>0.0</b> °
Použij dělení v <b>0.0</b> %	
Common Břit 1 Břit 2 Břit 3 Břit 4	Common Břit 1 Břit 2 Břit 3 Břit 4

## Příloha 7 (4/11)

### 4. Možné parametry nastavení Neg. fazetka drážky

Neg. fazeta drážky	Neg. fazeta drážky
Začištění na konci <input type="checkbox"/>	Vybrat posun <input checked="" type="checkbox"/>
Poloha kotouče <b>Úhel nastavení</b>	Posun vypočítán <input checked="" type="checkbox"/>
Použij úhel čela <b>At the edge</b>	Korekční úhel kotouče <b>6.157</b> °
Směr řezání <b>Shodný</b>	Lead <b>71.787</b> mm
Šířka <b>Ignorovaný</b>	Prodloužení brusné délky na konci <b>0.0</b> mm
Průměr jádra čela <b>11.2</b> mm	Prodloužení brusné délky na počátku <b>0.0</b> mm
<i>Pokročilý</i>	Úhel dělení <b>7.0</b> °
	Úhel nastavení <b>10.0</b> °
	Úhel neg. fazety <b>10.0</b> °
	Úhel čela <b>10.0</b> °
	Úhel šroubovice <b>35.0</b> °
	Šířka neg. fazety <b>0.16</b> mm
	<i>Pokročilý</i>
Common <b>Břit 1</b> <b>Břit 2</b> <b>Břit 3</b> <b>Břit 4</b>	Common <b>Břit 1</b> <b>Břit 2</b> <b>Břit 3</b> <b>Břit 4</b>

## Příloha 7 (5/11)

### 5. Možné parametry nastavení Vybroušení na čele ostré hrany

Vybroušni na čele ostré hrany	Vybroušni na čele ostré hrany
<i>Pokročilý</i> ▲	Vybrat posuny vybroušení <input checked="" type="checkbox"/>
Bezpečný odstup při krátkém přesunu <input type="text" value="2.0"/> mm	Delší vybroušení <input checked="" type="checkbox"/>
	Delší břit <input checked="" type="checkbox"/>
	Posuny vybroušení vypočteny <input checked="" type="checkbox"/>
	Axiální úhel čela <input type="text" value="1.0"/> °
	Chamfer Width <input type="text" value="0.16"/> mm
	Délka tangenty-čelo <input type="text" value="1.28"/> mm
	Hloubka výbrusu na konci břitu <input type="text" value="0.64"/> mm
	Vzdálenost před středem <input type="text" value="0.0"/> mm
	Úhel sražení <input type="text" value="45.0"/> °
	Úhel čela <input type="text" value="0.0"/> °
	Úhel čela nástroje <input type="text" value="-30.0"/> °
	Čelo na čele-rádus <input type="text" value="0.0"/> mm
	Čelo na čele-úhel <input type="text" value="35.0"/> °
	<i>Pokročilý</i> ▼
Common <input type="button" value="Břit 1"/> <input type="button" value="Břit 2"/> <input type="button" value="Břit 3"/> <input type="button" value="Břit 4"/>	Common <input type="button" value="Břit 1"/> <input type="button" value="Břit 2"/> <input type="button" value="Břit 3"/> <input type="button" value="Břit 4"/>

## Příloha 7 (6/11)

### 6. Možné parametry nastavení Vybroušení mezery na čele ostré hrany

Vybroušební mezery na čele ostré hrany	Vybroušební mezery na čele ostré hrany
Počet vybroušení <input type="text" value="2"/>	Vybrat posuny vybroušení <input checked="" type="checkbox"/>
<i>Pokročilý</i> ▼	Posuny vybroušení vypočítány <input checked="" type="checkbox"/>
	Hloubka zápichu v X <input type="text" value="0.56"/> mm
	Otočení <input type="text" value="8.0"/> °
	Posun v Z <input type="text" value="0.6"/> mm
	Rotační korekce A <input type="text" value="90.0"/> °
	Rádus <input type="text" value="0.0"/> mm
	Vzdálenost do středu <input type="text" value="1.402"/> mm
	Úhel tangenty <input type="text" value="90.0"/> °
	Úhel zapichování <input type="text" value="5.0"/> °
Common Vybroušení mezery 1 Vybroušení mezery 2	Common Vybroušení mezery 1 Vybroušení mezery 2



## Příloha 7 (7/11)

### 7. Možné parametry nastavení Druhý úhel hřbetu na obvodu

2. úhel hřbetu na obvodu	2. úhel hřbetu na obvodu
Radiální výběh <input checked="" type="checkbox"/>	Vybrat posun <input checked="" type="checkbox"/>
Kontura výběhu <b>Relativně k ose</b>	Posun vypočítán <input checked="" type="checkbox"/>
Část kotouče <b>Rádus</b>	Kompensace úhlu kotouče <b>1.0</b> °
Procenta vypočteného výběhu <b>100.0</b> %	Prodloužení brusné délky na konci <b>0.0</b> mm
Úhel výběhu <b>10.0</b> °	Prodloužení brusné délky na počátku <b>0.0</b> mm
<i>Pokročilý</i> ▼	Úhel hřbetu <b>16.0</b> °
	Úhel zapichování <b>0.0</b> °
	Šířka fazety <b>1.1</b> mm
	<i>Pokročilý</i> ▼
Common Břit 1 Břit 2 Břit 3 Břit 4	Common Břit 1 Břit 2 Břit 3 Břit 4

## Příloha 7 (8/11)

### 8. Možné parametry nastavení První úhel hřbetu na obvodu

1. úhel hřbetu na obvodu	1. úhel hřbetu na obvodu
Radiální výběh <input checked="" type="checkbox"/>	Vybrat posun <input checked="" type="checkbox"/>
Kontura výběhu <b>Relativně k ose</b>	Posun vypočítán <input checked="" type="checkbox"/>
Část kotouče <b>Rádus</b>	Kompenzace úhlu kotouče <b>1.0</b> °
Procenta vypočteného výběhu <b>100.0</b> %	Prodloužení brusné délky na konci <b>0.0</b> mm
Úhel výběhu <b>10.0</b> °	Prodloužení brusné délky na počátku <b>0.0</b> mm
<i>Pokročilý</i>	Válcová fazetka <b>0.0</b> mm
	Úhel hřbetu <b>8.0</b> °
	Úhel zapichování <b>0.0</b> °
	Šířka fazety <b>1.1</b> mm
	<i>Pokročilý</i>
Common Břit 1 Břit 2 Břit 3 Břit 4	Common Břit 1 Břit 2 Břit 3 Břit 4

## Příloha 7 (9/11)

### 9. Možné parametry nastavení Druhý úhel hřbetu na čele

2. úhel hřbetu čela	2. úhel hřbetu čela
Část kotouče <b>Plochá část</b>	Vybrat posun <input checked="" type="checkbox"/>
<i>Pokročilý</i>	Posun vypočítán
	Prodloužení brusné délky na konci <input type="text" value="-1.0"/> mm
	Prodloužení brusné délky na počátku <input type="text" value="0.0"/> mm
	Úhel hřbetu <input type="text" value="16.0"/> °
	Úhel zapichování <input type="text" value="-20.0"/> °
	<i>Pokročilý</i>
Common <b>Břit 1</b> <b>Břit 2</b> <b>Břit 3</b> <b>Břit 4</b>	Common <b>Břit 1</b> <b>Břit 2</b> <b>Břit 3</b> <b>Břit 4</b>

## Příloha 7 (10/11)

### 10. Možné parametry nastavení První úhel hřbetu na čele

1. úhel hřbetu čela	1. úhel hřbetu čela
Část kotouče <b>Plochá část</b>	Delší břit <input checked="" type="checkbox"/>
Průměr nástroje <b>20.0</b> mm	Vybrat posun <input checked="" type="checkbox"/>
<i>Pokročilý</i>	Posun vypočítán <input checked="" type="checkbox"/>
	Axiální úhel čela <b>1.0</b> °
	Chamfer Width <b>0.2</b> mm
	Prodloužení brusné délky na konci <b>0.0</b> mm
	Prodloužení brusné délky na počátku <b>0.0</b> mm
	Vzdálenost před středem <b>0.0</b> mm
	Úhel hřbetu <b>8.0</b> °
	Úhel sražení <b>45.0</b> °
	Úhel zapichování <b>-20.0</b> °
	Šířka fazety <b>1.1</b> mm
	<i>Pokročilý</i>
Common Břit 1 Břit 2 Břit 3 Břit 4	Common Břit 1 Břit 2 Břit 3 Břit 4

## Příloha 7 (11/11)

### 11. Možné parametry nastavení První podbroušení sražení

1.Podbroušení sražení 2 osy	1.Podbroušení sražení 2 osy
Kontura výběhu <input type="text" value="Žádný"/>	Vybrat posun <input checked="" type="checkbox"/>
Chamfer Width <input type="text" value="0.2"/> mm	Posun vypočítán <input checked="" type="checkbox"/>
Průměr nástroje <input type="text" value="20.0"/> mm	Chamfer Width <input type="text" value="0.2"/> mm
Úhel sražení <input type="text" value="45.0"/> °	Prodloužení brusné délky na konci <input type="text" value="2.0"/> mm
<i>Pokročilý</i> ▼	Prodloužení brusné délky na počátku <input type="text" value="0.0"/> mm
	Úhel hřbetu <input type="text" value="16.0"/> °
	Úhel sražení <input type="text" value="45.0"/> °
	Úhel zapichování <input type="text" value="0.0"/> °
	Šířka fazety <input type="text" value="1.4"/> mm
	<i>Pokročilý</i> ▼
Common <input type="button" value="Břit 1"/> <input type="button" value="Břit 2"/> <input type="button" value="Břit 3"/> <input type="button" value="Břit 4"/>	Common <input type="button" value="Břit 1"/> <input type="button" value="Břit 2"/> <input type="button" value="Břit 3"/> <input type="button" value="Břit 4"/>

## Příloha 8 (1/8)

Orientační ceník ostření a výroby nástrojů

### Ostření

<b>Frézy válcové</b>						
<b>Délka nad 100 mm + 25 % z ceny</b>	<b>2-3 břité</b>	<b>4 břité</b>	<b>5 břité</b>	<b>6 břité</b>	<b>8 břité</b>	<b>10 břité</b>
<b>Průměr</b>	<b>Kč/ks</b>					
<b>do 5 mm</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>140</b>			
<b>6 - 7 mm</b>	<b>115</b>	<b>130</b>	<b>160</b>			
<b>8 - 11 mm</b>	<b>130</b>	<b>150</b>	<b>170</b>	<b>210</b>		
<b>12 - 14 mm</b>	<b>160</b>	<b>165</b>	<b>190</b>	<b>230</b>		
<b>15 - 17 mm</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>260</b>	<b>320</b>	
<b>18 - 19 mm</b>	<b>180</b>	<b>195</b>	<b>230</b>	<b>280</b>	<b>370</b>	<b>450</b>
<b>20 - 24 mm</b>	<b>210</b>	<b>230</b>	<b>240</b>	<b>310</b>	<b>415</b>	<b>500</b>
<b>25 mm</b>	<b>230</b>	<b>280</b>	<b>290</b>	<b>350</b>	<b>470</b>	<b>580</b>
<b>26 mm a více</b>	<b>270</b>	<b>310</b>	<b>330</b>	<b>405</b>	<b>555</b>	<b>690</b>

<b>Frézy s rohovým rádiusem</b>				
<b>Délka nad 100 mm + 25 % z ceny</b>	<b>2-3 břité</b>	<b>4 břité</b>	<b>5 břité</b>	<b>6 břité</b>
<b>Průměr</b>	<b>Kč/ks</b>			
<b>4 - 5 mm</b>	<b>140</b>	<b>165</b>	<b>195</b>	
<b>6 - 7 mm</b>	<b>160</b>	<b>180</b>	<b>220</b>	
<b>8 - 12 mm</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>230</b>	<b>290</b>
<b>13 - 14 mm</b>	<b>225</b>	<b>230</b>	<b>260</b>	<b>320</b>
<b>15 - 17 mm</b>	<b>240</b>	<b>250</b>	<b>290</b>	<b>360</b>
<b>18 - 19 mm</b>	<b>250</b>	<b>270</b>	<b>320</b>	<b>390</b>
<b>20 - 24 mm</b>	<b>290</b>	<b>325</b>	<b>330</b>	<b>430</b>
<b>25 mm</b>	<b>325</b>	<b>390</b>	<b>400</b>	<b>560</b>
<b>26 mm a více</b>	<b>380</b>	<b>435</b>	<b>460</b>	<b>565</b>

## Příloha 8 (2/8)

<b>Frézy SK hrubovací</b>	
Délka nad 100 mm + 25 % z ceny	Kč/ks
Průměr	3-5 břité
do 8 mm	155
9 - 11 mm	165
12 - 16 mm	180
17 - 18 mm	200
19 - 20 mm	230
21 - 25 mm	260
26 mm a více	300

<b>Frézy kopírovací</b>		
Průměr	2-3 břité	4 břité
	Kč/ks	
4 - 5 mm	200	220
6 - 7 mm	215	240
8 - 12 mm	240	260
13 - 14 mm	270	290
15 - 17 mm	280	310
18 - 19 mm	300	330
20 - 24 mm	340	370
25 mm	380	410
26 mm a více	420	480

<b>Vrtáky SK + Navrtáváky SK</b>	
Průměr	standard
	Kč/ks
do 5 mm	90
6 - 7 mm	100
8 - 11 mm	110
12 - 14 mm	135
15 - 17 mm	170
18 - 19 mm	185
20 - 23 mm	200
24 - 25 mm	250
více než 26 mm	300

<b>Frézy kuželové</b>		
Průměr	rovné čelo	rádius na čele
	Kč/ks	
do 6 mm	350	505
do 10 mm	375	625
do 14 mm	485	875
do 20 mm	560	920
do 25 mm	650	950
do 32 mm	765	1200

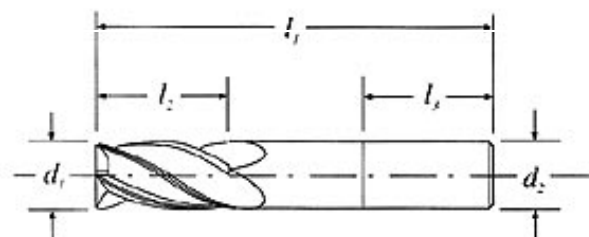
## Příloha 8 (3/8)

Srážec hran		
Průměr	3 břité	4 břité
	Kč/ks	
4 - 5 mm	100	120
6 - 7 mm	130	160
8 - 12 mm	160	180
13 - 14 mm	230	240
15 - 17 mm	270	280
18 - 20 mm	300	340
21 - 24 mm	360	430
25 mm	420	480
26 mm a více	550	610

## Výroba nástrojů

### Fréza válcová

- 2 břitá fréza, 30° pravořezná šroubovice, břity přes střed
- Povlak-TINALOX SN2
- materiál- slinutý karbid



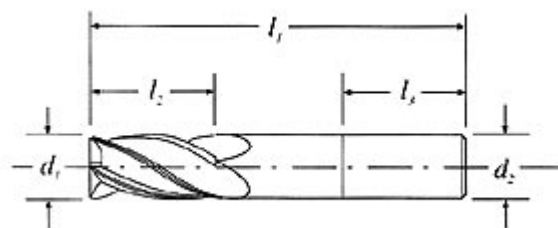
d <sub>1</sub> mm	d <sub>2</sub> mm	l <sub>1</sub> mm	l <sub>2</sub> mm	z	Cena Kč/ks
3	3	40	12	2	175
4	4	45	15	2	210
5	5	53	16	2	230
6	6	53	17	2	250
8	8	64	16	2	370
10	10	77	22	2	530
12	12	79	26	2	695
14	14	79	26	2	950
16	16	102	32	2	1110
18	18	104	38	2	1570
20	20	104	38	2	1960
25	25	104	42	2	3280
32	32	115	42	2	5105



## Příloha 8 (4/8)

### Fréza válcová

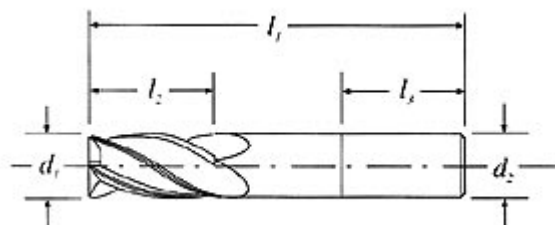
- 3 břitá fréza, 30° pravořezná šroubovice, břity přes střed
- Povlak-TINALOX SN2
- materiál- slinutý karbid



d <sub>1</sub> mm	d <sub>2</sub> mm	l <sub>1</sub> mm	l <sub>2</sub> mm	z	Cena Kč/ks
3	3	40	12	3	180
4	4	45	15	3	215
5	5	53	16	3	245
6	6	53	16	3	260
8	8	64	19	3	390
10	10	77	22	3	550
12	12	79	26	3	720
14	14	79	26	3	1030
16	16	102	32	3	1320
18	18	104	38	3	1700
20	20	104	38	3	2110
25	25	104	42	3	3500
32	32	115	42	3	5105

### Fréza válcová

- 4-břitá fréza, 30° pravořezná šroubovice, břity přes střed
- Povlak-TINALOX SN2
- materiál- slinutý karbid

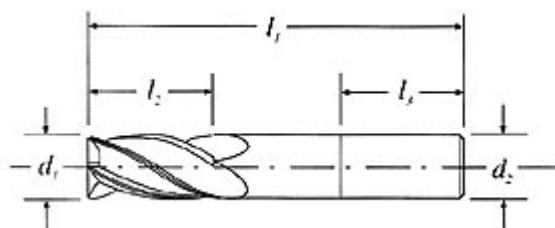


d <sub>1</sub> mm	d <sub>2</sub> mm	l <sub>1</sub> mm	l <sub>2</sub> mm	z	Cena Kč/ks
3	3	40	12	4	185
4	4	45	15	4	220
5	5	53	16	4	255
6	6	53	16	4	290
8	8	64	19	4	395
10	10	77	22	4	565
12	12	79	26	4	730
14	14	79	26	4	1040
16	16	102	32	4	1350
18	18	104	38	4	1730
20	20	104	38	4	2130
25	25	104	42	4	3650
32	32	115	42	4	5120

## Příloha 8 (5/8)

### Fréza dokončovací

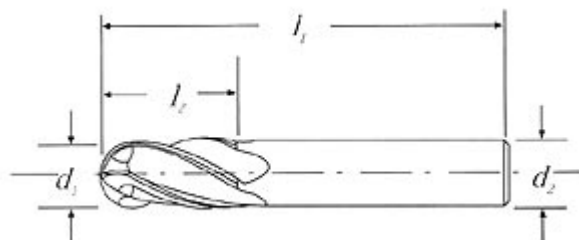
- **6-8 břitá fréza**, 45°pravořezná šroubovice, rovné čelo, břity přes střed
- Povlak-TINALOX SN2
- materiál- slinutý karbid



d <sub>1</sub> mm	d <sub>2</sub> mm	l <sub>1</sub> mm	l <sub>2</sub> mm	z	Rovné čelo Kč/ks	S rohovým rádiusem Kč/ks
6	6	53	15	6	355	408
8	8	64	19	6	560	644
10	10	77	22	6	740	851
12	12	79	26	6	1040	1196
14	14	79	26	8	1500	1725
16	16	102	32	8	1750	2013
18	18	104	38	8	2110	2427
20	20	104	38	8	2600	2990
25	25	104	42	8	4005	4606
32	32	115	42	8	5650	6498

### Fréza kopírovací

- **2-břitá fréza**, 30°pravořezná šroubovice, kulové čelo, břity přes střed
- Povlak-TINALOX SN2
- materiál- slinutý karbid

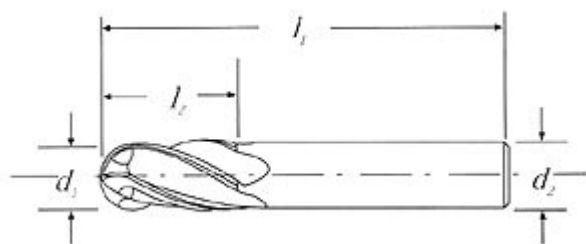


d <sub>1</sub> mm	d <sub>2</sub> mm	l <sub>1</sub> mm	l <sub>2</sub> mm	R	z	Cena Kč/ks
3	3	45	12	1,5	2	220
4	4	45	15	2	2	245
5	5	53	15	2,5	2	280
6	6	53	15	3	2	320
8	8	64	16	4	2	480
10	10	77	22	5	2	680
12	12	79	26	6	2	860
14	14	79	26	7	2	1150
16	16	102	32	8	2	1570
18	18	104	38	9	2	1910
20	20	104	38	10	2	2390

## Příloha 8 (6/8)

### Fréza kopírovací

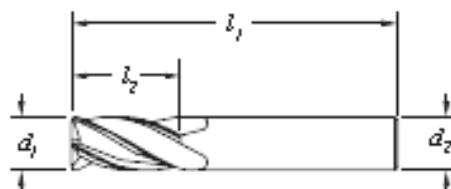
- **4-břítá fréza**, 30° pravořezná šroubovice, kulové čelo, břity přes střed
- Povlak-TINALOX SN2
- materiál- slinutý karbid



d <sub>1</sub> mm	d <sub>2</sub> mm	l <sub>1</sub> mm	l <sub>2</sub> mm	R	z	Cena Kč/ks
3	3	40	12	1,5	4	260
4	4	45	15	2	4	310
5	5	53	15	2,5	4	365
6	6	53	15	3	4	460
8	8	64	16	4	4	610
10	10	77	22	5	4	840
12	12	79	26	6	4	1130
14	14	79	26	7	4	1515
16	16	102	32	8	4	2050
18	18	104	38	9	4	2580
20	20	104	38	10	4	3020

### Fréza s rohovým rádiusem

- **3- 4 břítá**, 30° pravořezná šroubovice, rovné čelo, rohový rádius
- Povlak-TINALOX SN2
- materiál- slinutý karbid



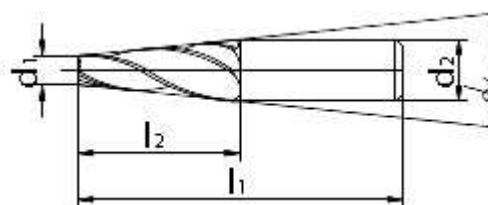
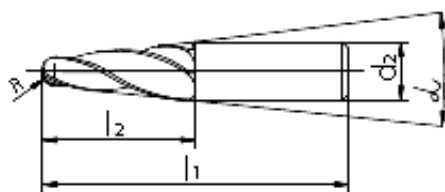
d <sub>1</sub> mm	d <sub>2</sub> mm	l <sub>1</sub> mm	l <sub>2</sub> mm	z	Cena Kč/ks	z	Cena Kč/ks
5	5	53	15	3	343	4	357
6	6	53	17	3	364	4	406
8	8	64	17	3	507	4	514
10	10	77	22	3	715	4	735
12	12	79	26	3	936	4	949
14	14	79	26	3	1339	4	1352
16	16	102	32	3	1530	4	1580
18	18	102	32	3	1850	4	1890
20	20	104	38	3	2210	4	2360

## Příloha 8 (7/8)

### Fréza kuželová

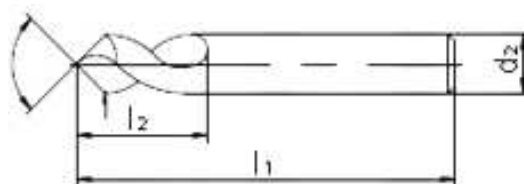
- 3-břítá pravořezná šroubovice
- Povlak-TINALOX SN2
- Materiál- slinutý karbid

$d_2$ mm	$l_1$ mm	$z$	Rovné čelo	Vrcholový úhel $\rho$	Rohový-plný rádius Kč/ks
4	50	3-4	312	1-60°	348
6	53	3-4	483	1-60°	539
8	64	3-4	776	1-60°	856
10	77	3-4	1114	1-60°	1250
12	79	3-4	1420	1-60°	1624
14	79	3-4	2015	1-60°	2329
16	102	3-4	2346	1-60°	2703
18	102	3-4	2797	1-60°	3213
20	104	3-4	3205	1-60°	3689



### Středící vrták

- Pravořezná šroubovice
- Povlak-TINALOX SN2
- Materiál- slinutý karbid

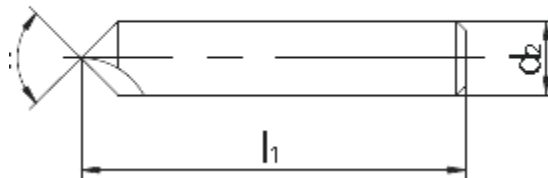


$d_2$ mm	$l_1$ mm	$l_2$ mm	Vrcholový úhel	$z$	Cena Kč/ks
3	40	12	60°-140°	2	175
4	40	12	60°-140°	2	224
5	50	12	60°-140°	2	259
6	55	14	60°-140°	2	294
8	65	20	60°-140°	2	415
10	70	22	60°-140°	2	575
12	70	26	60°-140°	2	739
14	80	26	60°-140°	2	966
16	90	32	60°-140°	2	1274
18	100	32	60°-140°	2	1533
20	100	38	60°-140°	2	1787

## Příloha 8 (8/8)

### Srážec hran (odjehlovací hrot)

- Povlak-TINALOX SN2
- Materiál- slinutý karbide



d <sub>2</sub> mm	l <sub>1</sub> mm	Vrcholový úhel	z	cena	z	Cena Kč/ks
3	40	20°-120°	3	305	4	350
4	50	20°-120°	3	410	4	440
5	50	20°-120°	3	420	4	460
6	55	20°-120°	3	460	4	500
8	65	20°-120°	3	580	4	625
10	70	20°-120°	3	710	4	740
12	70	20°-120°	3	830	4	880
14	80	20°-120°	3	1150	4	1240
16	100	20°-120°	3	1480	4	1565
18	100	20°-120°	3	1900	4	2010
20	110	20°-120°	3	2250	4	2400