



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# NÁVRH NOVÉHO UPÍNÁNÍ VBD PRO FRÉZOVACÍ NÁSTROJE NA OBRÁBĚNÍ DŘEVA

PROPOSAL OF NEW CLAMPING SYSTEM OF INSERTS FOR WOOD MILLING TOOLS

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Vančura

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Aleš Polzer, Ph.D.

BRNO 2017

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Tomáš Vančura**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Aleš Polzer, Ph.D.**  
Akademický rok: 2016/17

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

## **Návrh nového upínání VBD pro frézovací nástroje na obrábění dřeva**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Téma závěrečné práce je zaměřeno na vlastní návrh upínání vyměnitelných břitových destiček frézovacích nástrojů na obrábění dřeva. Ve spolupráci s firmou VYDONA s.r.o. je toto téma řešeno zatím ve formě odborné rešerše se zaměřením na moderní upínací systémy VBD při frézování dřevoobráběcími nástroji. Předpokladem je pokračování na tomto tématu i při magisterském studiu.

### **Cíle bakalářské práce:**

- Vytvoření stručného přehledu upínacích systémů vyměnitelných břitových destiček.
- Stručné zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých upínacích systémů.
- Vytvoření vlastního návrhu upínacího systému VBD pro frézovací nástroje na obrábění dřeva (s přihlédnutím k požadavkům firmy VYDONA s.r.o.).

### **Seznam doporučené literatury:**

Traditional machining processes. 1. New York: Springer, 2014. ISBN 978-366-2450-871.

KRAR, Stephen F. Technology of machine tools. 7th ed. McGraw-Hill: , 2011, x, 925 s. ISBN 978-00-3510-835.

DAVIM, J. Paulo (ed.). Modern machining technology: a practical guide. 1st pub. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. Woodhead Publishing in mechanical engineering. ISBN 978-0-857-9-099-7.

SMITH, Graham T. Cutting tool technology: industrial handbook. London: Springer, c2008, xii, 599 s. ISBN 978-1-84800-204-3.

SHAW, Milton Clayton. Metal cutting principles. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2005, xix, 651 s. ISBN 01-951-4206-3.

AB SANDVIK COROMANT. Technická příručka obrábění: soustružení - frézování - vrtání - vyvrtávání - upínání nástrojů. 2005.10. Švédsko: Elanders, 2005.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

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

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá problematikou upínání výměnných břitových destiček dřevoobráběcích frézovacích nástrojů. Hlavním cílem práce je navrhnout vlastní upínací systém VBD s přihlédnutím k požadavkům firmy Vydon, s.r.o.

Obsah práce je rozdělen do tří kapitol. Kapitola 1 se zabývá charakteristikou frézovacího procesu dřeva. Jejím cílem je vytvořit přehled parametrů, které ovlivňují upínací systém VBD. Kapitola 2 je rešerší vybraných upínacích systémů VBD používaných v praxi. V poslední kapitole je navržen vlastní upínací systém předřezávacích VBD pro falcovací nástroj.

### Klíčová slova

dřevoobráběcí nástroje, fréza, upínací systém, výměnné břitové destička

## ABSTRACT

The work presented in this thesis has been dealt with issues of clamping systems of indexable inserts of woodworking milling tools. The aim of this thesis is to design new clamping system of indexable inserts according to the request of company Vydon, Ltd.

The work has been divided into three chapters. Chapter 1 deals with characteristic of wood milling process. It has aimed to create a basic view at main parameters which are influencing clamping system of indexable inserts. Chapter 2 has been a literature search of existing clamping systems used in timber industry. The last chapter has been aimed to design of clamping system for pre-cut indexable insert.

### Key words

woodworking tools, milling cutter, clamping system, indexable insert

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VANČURA, Tomáš. *Návrh nového upínání VBD pro frézovací nástroje na obrábění dřeva*. Brno 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 46 s. 10 příloh. Vedoucí práce. Ing. Aleš Polzer, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Návrh nového upínání VBD pro frézovací nástroje na obrábění dřeva* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

Tomáš Vančura

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat firmě Vydona, s.r.o. za poskytnuté informace a materiály potřebné k vypracování mé bakalářské práce. Dále děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Aleši Polzerovi Ph.D. za cenné rady a připomínky.

Na závěr bych velice rád poděkoval své rodině za pomoc a podporu v průběhu mého studia.

---

**OBSAH**

Abstrakt .....	3
Prohlášení .....	4
Poděkování .....	5
Obsah .....	6
Úvod .....	7
1 Charakteristika frézování dřeva .....	9
1.1 Nástroje s výměnnými břitovými destičkami .....	9
1.2 Řezný materiál .....	10
1.3 Rozdělení nástrojů dle posuvu obrobku .....	12
1.4 Kinematika obráběcího procesu .....	13
1.5 Řezná síla – řezný odpor .....	15
1.6 Vlastnosti obráběného materiálu .....	16
1.7 Geometrie břitu .....	19
1.8 Redukce hluku a vibrací nástroje .....	20
2 Upínací systémy VBD .....	22
2.1 Způsob upínání VBD .....	22
2.2 Upínání profilových nožů .....	23
2.3 Upínání univerzálních VBD .....	25
2.3.1 Upínání tvarových nožů .....	26
2.3.2 Upínání hoblovacích nožů .....	27
2.4 Upínání přes výměnný nožový segment .....	28
3 Návrh nového upínacího systému VBD .....	30
3.1 Návrh nové VBD .....	32
3.2 Stanovení zátěžné síly působící na VBD .....	33
3.3 Konstrukce upínání VBD .....	36
3.4 Srovnání technologických postupů .....	39
Závěr .....	42
Seznam použitých zdrojů .....	43
Seznam použitých symbolů a zkratk .....	45
Seznam příloh .....	46

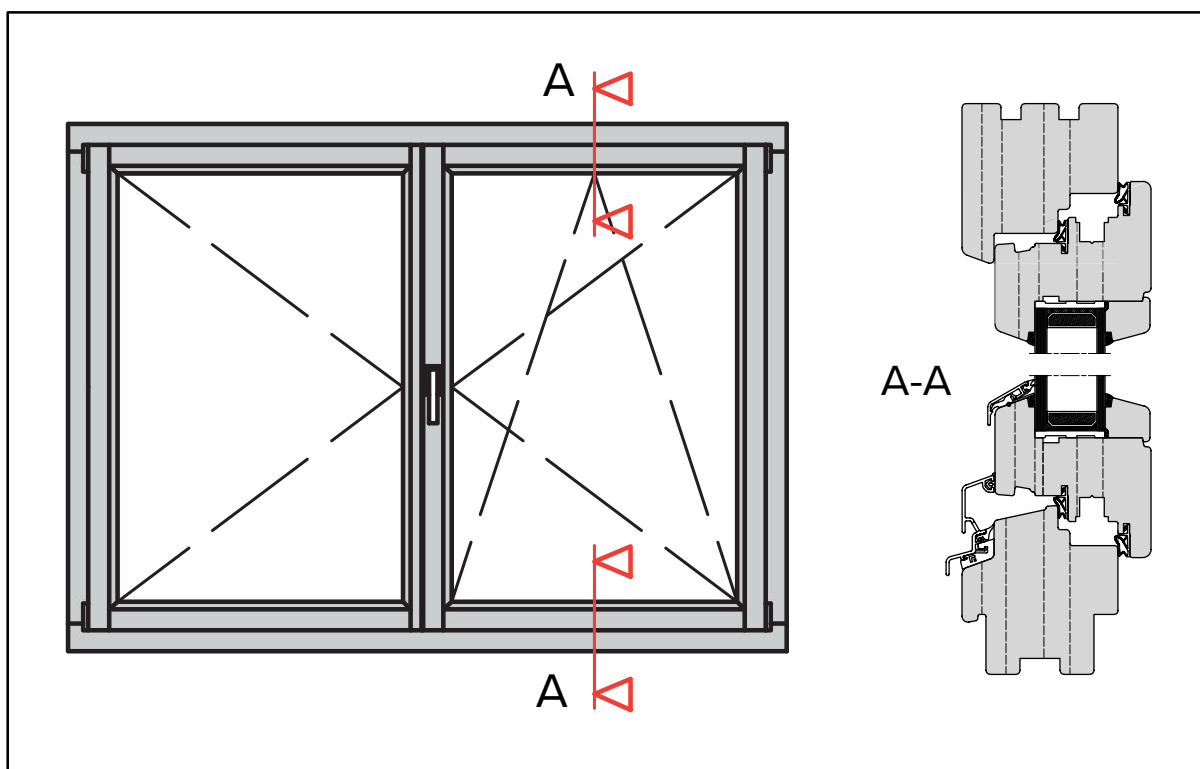
## ÚVOD

Účelem této práce je seznámit se základními způsoby upínání výměnných břitových destiček (dále jen VBD) pro dřevoobráběcí frézovací nástroje. Zhodnotit výhody a nevýhody jednotlivých systémů a na základě těchto poznatků navrhnout vlastní návrh upínacího systému VBD dle požadavků firmy Vydon, s.r.o. (dále jen Vydon).

Vydon se více jak dvacet let zabývá výrobou, prodejem a servisem dřevoobráběcích nástrojů a speciálních nástrojových systémů na dřevo, plast a kov. Specializuje se především na zakázkovou výrobu dle požadavků zákazníka. Mezi hlavní sortiment jejich produktů patří nástroje na výrobu oken, dveří a nábytku.

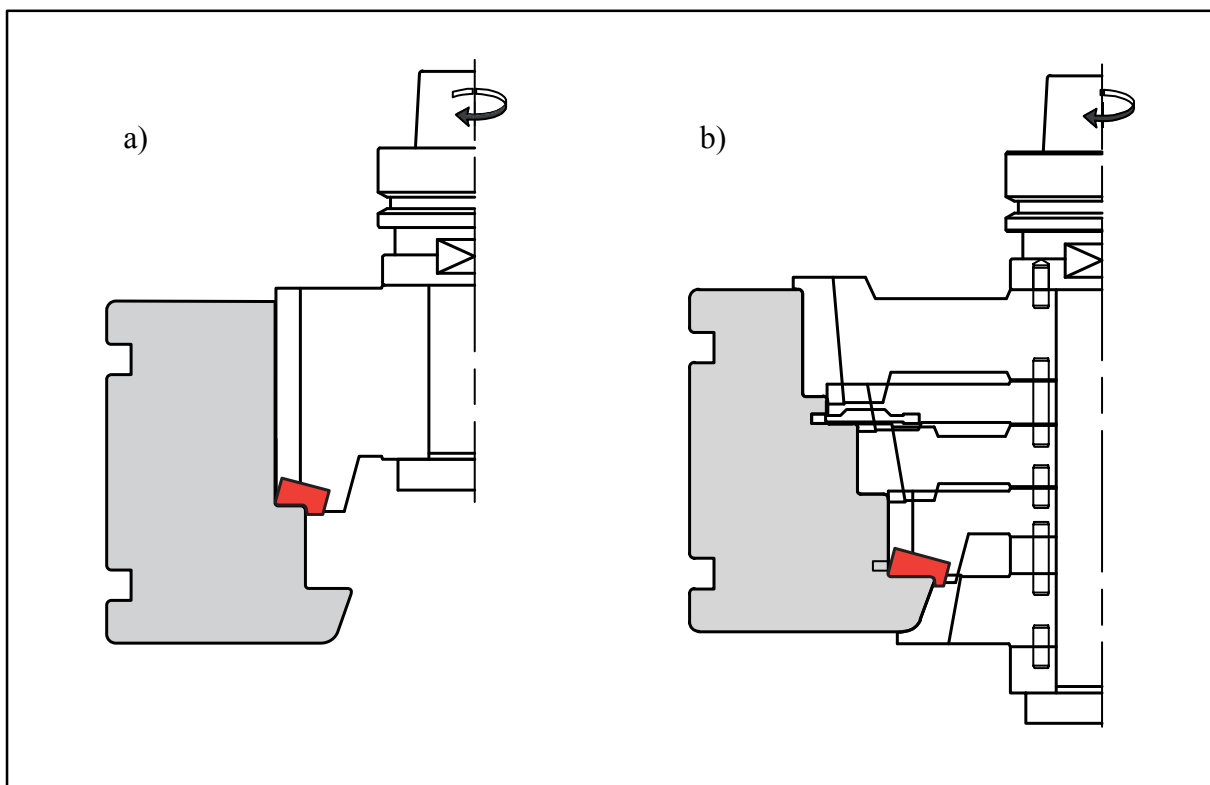
Nový upínací systém bude navrhován pro falcovací frézu sloužící k výrobě dřevěných okenních profilů (viz obr. 1). Stávající předřezávací, profilovaná VBD (viz obr. 2) bude nahrazena nově navrženou výměnou destičkou ze slinutých karbidů. Funkcí této destičky je dokončovat povrch falcu a zaoblovat jeho hrany. Falc je polodrážka, která slouží ke spojení dvou protilehlých dílů.

Výroba okenních profilů se provádí nejčastěji sadou složenou z několika frézovacích kotoučů upnutých na jeden upínací trn (nejčastěji HSK 63 F). K výrobě jednoho okna je zapotřebí více sad, přičemž každá sada obsahuje několik výše zmíněných předřezávacích VBD. Hlavním cílem práce je navrhnout prostorově nenáročný upínací systém, který umožní rychlou a přesnou výměnu VBD.



Obr. 1 Okenní profil [4].





Obr. 2 Nástroje pro výrobu okenního profilu (červeně je vyznačena stávající profilová VBD) [4]:  
a) falcovací nástroj, b) sada nástrojů pro výrobu okenního profilu.

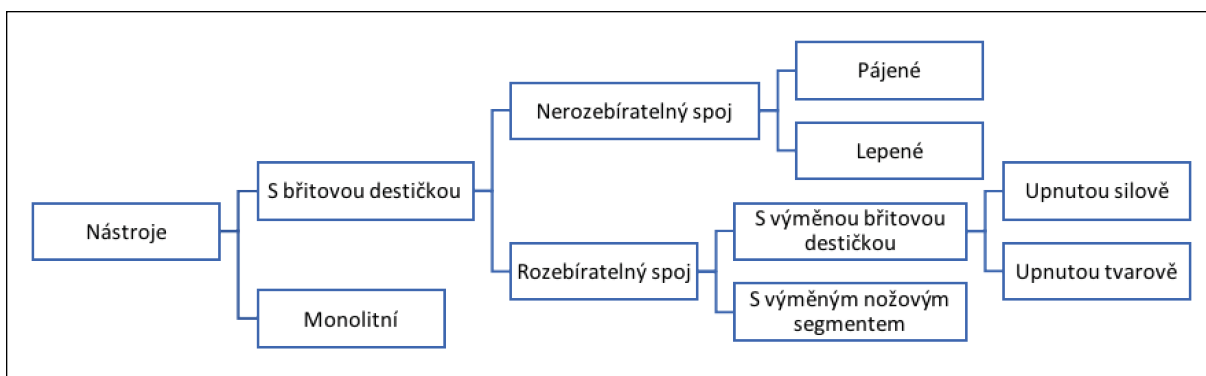
## 1 CHARAKTERISTIKA FRÉZOVÁNÍ DŘEVA

Frézování je technologické zpracování obráběného materiálu třískovým způsobem. Principem oddělení třísky od obráběného materiálu je působení břitu rotujícího nástroje, který je vytvořen, nebo v podobě VBD upnut na zubu frézy. Hlavní pohyb (rotační) koná fréza a je charakterizován řeznou rychlostí  $v$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]. Vedlejší pohyb je přímočarý, nebo kruhový a koná jej obrobek, nebo nástroj. Vedlejší pohyb je charakterizován rychlostí posuvu  $u$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]. Z technologického hlediska lze frézování rozdělit na frézování **čelní** (frézování čelem frézy) a frézování **válcové** (frézování obvodem frézy). Dřvoobráběcím nástrojem rozumíme nástroj, který slouží k obrábění dřeva a prefabrikovaných materiálů na bázi dřeva. Konstrukce frézovacích dřvoobráběcích nástrojů podléhá normám o bezpečnosti **ČSN EN 847-1** a **ČSN EN 847-2** [13].

### Dělení dřvoobráběcích frézovacích nástrojů

Dřvoobráběcí nástroje se dělí dle mnoha kritérií, pro potřeby této práce jsou zmíněna pouze některá:

- **upínání nástroje:** nástroje nástrčné a stopkové;
- **tvaru nástroje:** válcové, kotoučové, složené a stopkové frézy;
- **použití nástroje:** drážkovací, srovnávací, falcovací a profilovací frézy;
- **upnutí řezné části nástroje:** (viz obr 3).



Obr. 3 Rozdělení dřvoobráběcích frézovacích nástrojů dle upnutí řezné části nástroje.

### 1.1 Nástroje s výměnnými břitovými destičkami

Nástroj s VBD můžeme definovat jako nástroj, u kterého je řezná část mechanicky upnuta na zub nástroje. Po opotřebení břitu nástroje je možné VBD naostřit, popřípadě nahradit za destičku novou. Výhodou těchto nástrojů je zkrácení vedlejších časů potřebných na renovaci a seřizování nástroje. VBD využívané pro dřvoobráběcí nástroje se dělí z několika základních hledisek.

**Dělení nástrojů dle druhu použité VBD:****1. Standartní VBD**

Standartní VBD jsou dodávány výrobcem již naostřené s jasně danou geometrií. Tyto VBD můžeme dále rozdělit na nože hoblovací a tvarové, které se dále dělí na zaoblovací, předřezávací a srovnávací VBD.

**2. Blanket**

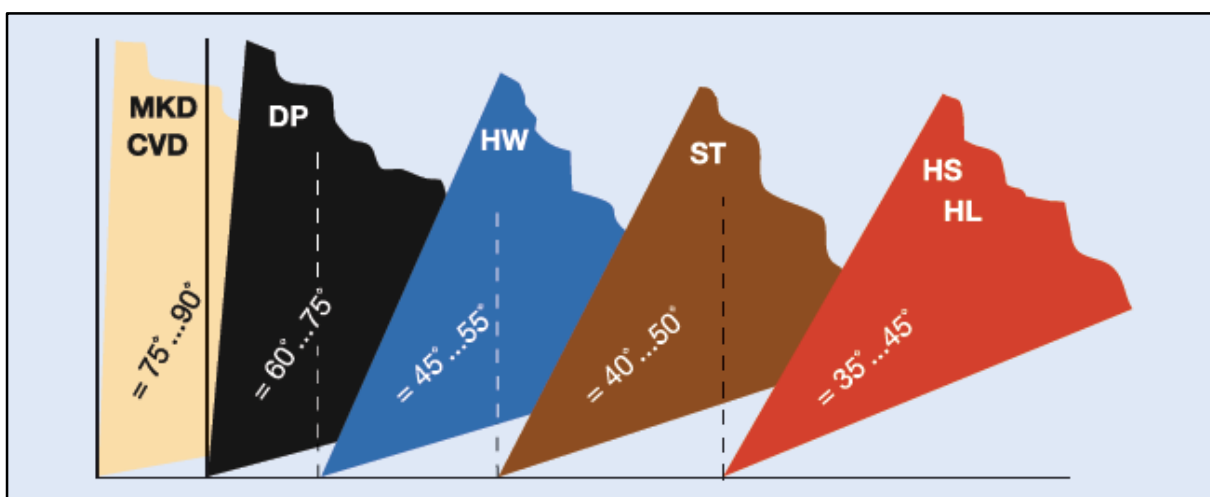
Blanket je polotovár, do kterého je výrobcem dřevoobráběcího nástroje vybroušen požadovaný řezný profil. Nejčastěji se jedná o polotovár obdélníkového průřezu z rychlořezné oceli, případě slinutých karbidů.

**Dělení dle materiálu VBD:**

1. legovaná nástrojová ocel (SP),
2. vysoce legované nástrojové oceli (HL),
3. rychlořezná ocel (HS),
4. stelity (ST),
5. slinuté karbidy (HW),
6. polykrystalický diamant (DP).

**1.2 Řezný materiál**

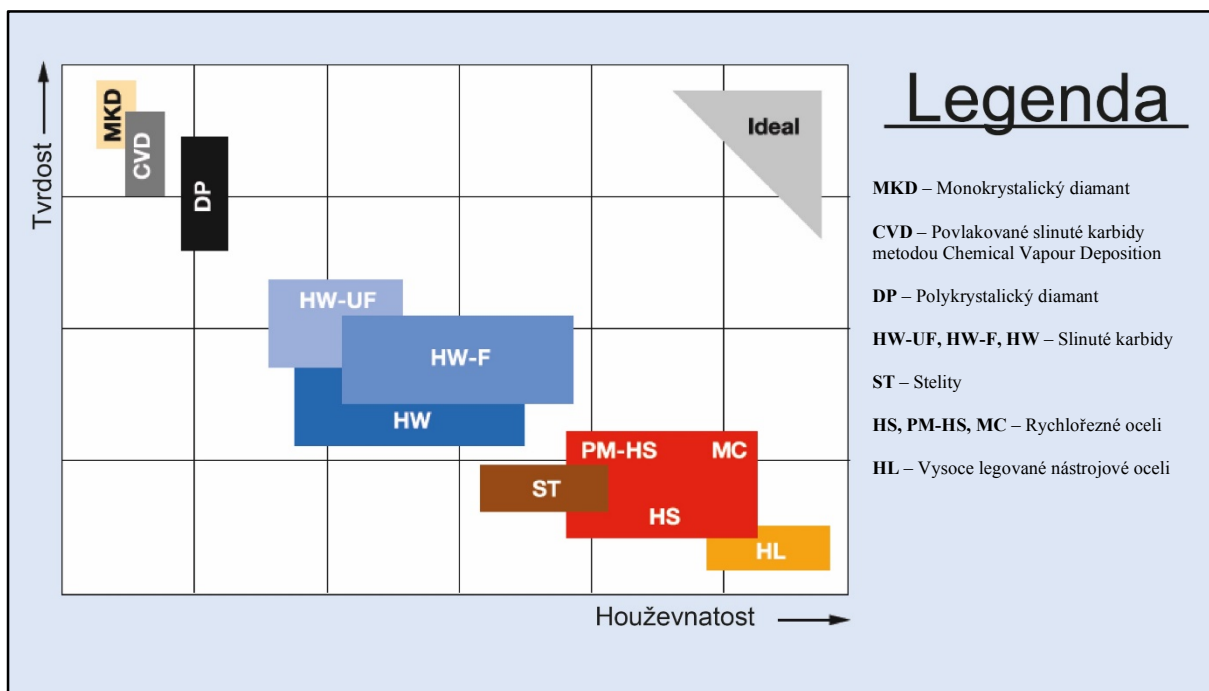
Volba vhodného řezného materiálu významně ovlivňuje životnost řezné části nástroje, kvalitu obrobenej plochy a v neposlední řadě cenu nástroje. Řezný materiál také ovlivňuje řezné úhly nástroje zejména pak úhel břitu (viz obr. 4).



Obr. 4 Úhel břitu v závislosti na nástrojovém materiálu [3].

**Nároky kladené na nástrojový materiál:**

- vysoká tvrdost a houževnatost zajišťující odolnost proti opotřebení břitu,
- teplotní stálost (odolávání teplotním rázům),
- chemická stálost (odolnost proti difuzi a oxidaci).



Obr. 5 Graf řezných materiálů v závislosti na tvrdosti a houževnatosti [3].

**Nástrojová ocel**

Nástrojová ocel (ocel třídy 19) se podle obsahu legujících prvků dělí na legované nástrojové oceli (do 5 % legujících prvků) a vysoce legované nástrojové oceli (nad 5 % legujících prvků). Mezi legující prvky patří: chrom, molybden a vanad. Nástrojové oceli jsou vytvrditelné kalením až do 63 HRC. Tento materiál je vhodný zejména pro obrábění měkkého masivního dřeva [3, 13].

**Rychlořezná ocel**

Jedná se o ocel třídy 19 s více jak 12 % legujících prvků (Cr, W, Mo, V, Co). Rychlořeznou ocel lze kalením a následným popouštěním vytvrdit až do 65 HRC. V porovnání s nástrojovou ocelí dosahuje rychlořezná ocel vyšší životnosti a lepšího poměru tvrdosti a houževnatosti (viz obr. 5). Rychlořezná ocel se využívá zejména pro obrábění masivního dřeva (tvrdé i měkké) [3, 13].

**Stelity**

Stelity jsou takřka neželezná slitina Co, W a Cr dosahující tvrdosti od 40 do 58 HRC. Stelity se vyznačují svou mimořádnou teplotní a korozní odolností. Využívají se především v provozech, kde je nutné zpracovávat syrové (vlhké) dřevo. Dále jsou vhodné pro agresivní tropické dřeviny jako je například meranti [3, 13].

## Slinuté karbidy

Slinuté karbidy se vyrábějí práškovou metalurgií, spékáním karbidů wolframu s kobaltovým pojivem. Na rozdíl od rychlořezné a nástrojové oceli se slinuté karbidy nevytvrzují. Jejich tvrdost se pohybuje od 1300-1500 HV v závislosti na velikosti karbidových částic a množství pojiva. Slinuté karbidy dosahují v porovnání s nástrojovými a rychlořeznými oceli vyšší tvrdosti, což pozitivně ovlivňuje jejich životnost. Jejich nevýhodou je však vyšší křehkost a obtížnější obrobiteľnost. Slinuté karbidy dělíme z hlediska řezného procesu do tří základních skupin ISO [13, 18]:

- P – pro materiály dávající plynulou třísku,
- M – pro materiály dávající plynulou i kratší třísku,
- K – pro materiály dávající krátkou třísku.

V dřevozpracujícím průmyslu se využívá především skupina K.

Pro docílení vyšší tvrdosti a odolnosti lze slinuté karbidy povlakovat nitridem titanu (TiN), karbidem titanu (TiC), nebo oxidem hlinitým ( $Al_2O_3$ ). Slinuté karbidy mají širokou škálu použití. Lze je použít pro obrábění masivního dřeva i aglomerovaných materiálů na bázi dřeva.

## Polykrystalický diamant

Polykrystalický diamant je synteticky vyrobený materiál s tvrdostí od 5000 do 9000 HV. Tvrdost polykrystalického diamantu je takřka srovnatelná s tvrdostí nejtvrďšího známého přírodního materiálu – monokrystalického diamantu (10 000 HV). Výroba probíhá nanesením vrstvy (o tloušťce 0,3-0,6 mm) diamantového prášku (zrnka o velikosti 5-10  $\mu m$ ) s kovovým pojivem na polotovár ze slinutého karbidu a za vysokých tlaku (6 GP) a teplot okolo 1 500 °C dochází k jejich slinování. Polykrystalický diamant se využívá zejména pro vysoce abrazivní materiály [3, 13].

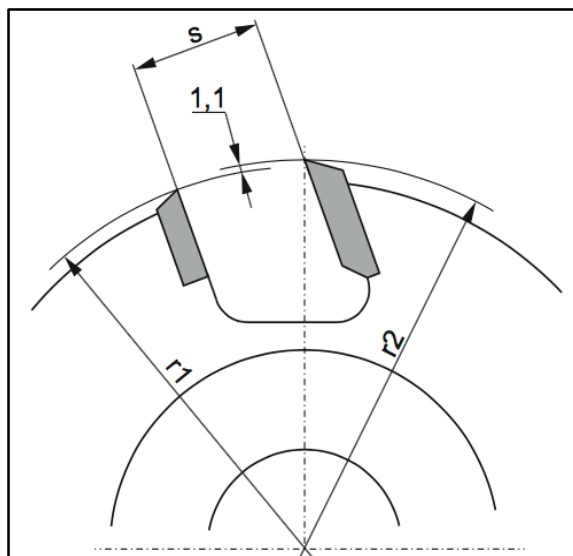
Mezi hlavní výrobce řezných materiálů pro obrábění dřeva a prefabrikovaných materiálů na bázi dřeva patří firmy Tigra a Ceratizit.

## 1.3 Rozdělení nástrojů dle posuvu obrobku

Konstrukce dřevoobráběcích nástrojů zohledňuje požadavky dřevozpracujícího průmyslu, kde je část výroby prováděna na manuálních dřevoobráběcích strojích. Z hlediska bezpečnosti práce rozlišujeme dva základní typy nástrojů: nástroje pro ruční posuv a nástroje pro strojní posuv. Nástroje se od sebe liší především svými bezpečnostními prvky, kdy nástroj pro ruční posuv musí obsahovat tzv. „omezovač tloušťky třísky“.

## Nástroje pro ruční posuv

Nástroje pro ruční posuv jsou využívány u strojů s ručním držením případně ručním vedením obrobku, nebo části stroje nesoucí nástroj. Nástroje pro ruční posuv musí být konstruovány tak, aby redukovaly zpětný vrh obrobku, při kterém dochází k vymrštění obrobku, nebo jeho části proti smyslu posuvu. Proto musí být nástroj doplněn o tzv. „omezovač tloušťky třísky“, který toto riziko eliminuje (viz obr. 6 a obr. 7). Nástroje pro ruční posuv jsou označeny na těle frézy zkratkou **MAN**. Maximální přípustný rozdíl řezného poloměru  $r_2$  a poloměru omezovače třísky  $r_1$  je 1,1 mm. Konstrukce je dále limitovaná velikostí zubové mezery [1, 2, 4].



Obr. 6 Schéma nástroje s omezovačem třísky [4].



Obr. 7 Příklad nástroje s omezovačem tloušťky třísky [7].

## Nástroje pro strojní posuv

U nástrojů pro strojní posuv je pohyb obrobku zajištěn strojním mechanismem. Konstrukce nástroje není limitována zubovou mezerou a nemusí mít omezovač třísky proti zpětnému rázu. Nástroje pro strojní posuv jsou označeny zkratkou **MEC** na těle frézy. Do této kategorie patří také nástroje, u kterých dochází pouze k posuvu frézy a obrobek je pevně upnut (nástroje pro CNC frézky) [1, 2, 4].

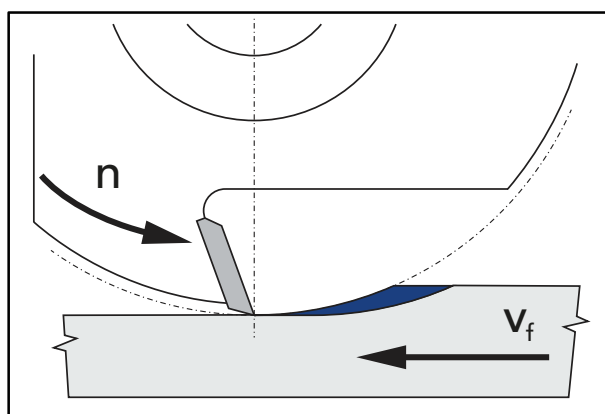
### 1.4 Kinematika obráběcího procesu

Kinematika frézovacího nástroje je hlavním faktorem, který ovlivňuje tvorbu třísky, výslednou řeznou sílu a řezné úhly nástroje. Tloušťka třísky ovlivňuje především kvalitu obrobené plochy a je dána rychlostí posuvu na jeden zub nástroje. Dle tloušťky odebírané třísky na zub frézovacího nástroje rozlišujeme třísku **velmi jemnou** (0,3-0,6 mm), **jemnou** (0,6-2,5 mm) a **hrubou** (2,5-5 mm). Řezná rychlost vychází z otáček nástroje a jeho průměru. Se zvyšující se řeznou rychlostí dochází ke snížení vyštipování svazků vláken obráběného materiálu a zmenšení tloušťky odebírané třísky, což vede k lepší kvalitě obrobeného povrchu. S rostoucí řeznou rychlostí také dochází ke zmenšení řezné síly. Nevýhodou je zvýšení spotřeby energie, snížení trvanlivosti ostří vlivem vyššího zahřívání břitu a zvýšené požadavky na tuhost obráběcího stroje a upínací části nástroje [14, 16].

## Kinematika frézovacího nástroje se dělí na:

### Nesousledné frézování

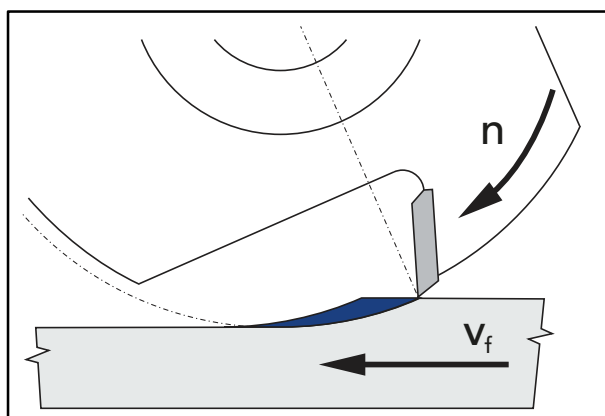
Fréza se otáčí proti směru posuvu obrobku (obr. 8). Nesousledné frézování se uplatňuje zejména u nástrojů pro ruční posuv obrobku. Tloušťka třísky se mění od nulové hodnoty po hodnotu maximální a k oddělení třísky dochází při skluzu břitu po ploše vytvořené předcházejícím zubem. Při tomto pohybu se břit zubu otírá, zahřívá a otupuje. To vede ke zhoršení kvality obrobku a snížení životnosti ostří nástroje. Výsledná řezná síla směřuje ven z obrobku [13].



Obr. 8 Nesousledné frézování [4].

### Sousledné frézování

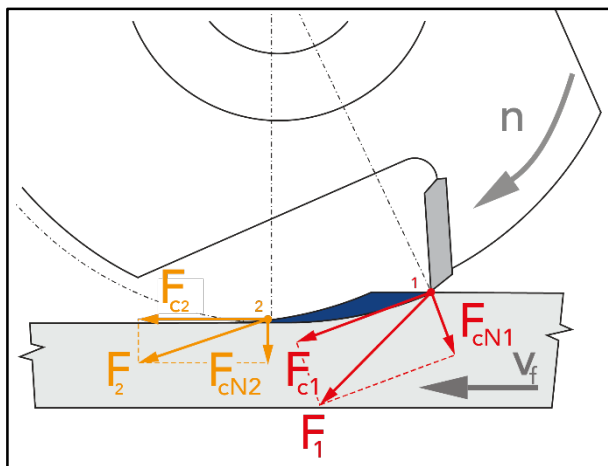
Fréza se otáčí ve směru posuvu obrobku (obr. 9). Sousledné frézování se uplatňuje zejména u nástrojů pro strojní posuv obrobku. Průřez třísky se mění od maximální hodnoty po hodnotu nulovou, kdy k oddělení třísky dochází již na obrobku. Takto obrobek má v porovnání s nesousledným frézováním lepší kvalitu povrchu a ostří dosahuje vyšší životnosti. Výsledná řezná síla působí ve směru posuvu obrobku. Nevýhodou sousledného frézování je vznik rázů při vnikání zubů frézy do obrobku. V důsledku toho je kladen větší důraz na vyšší tuhost upínacího systému VBD a těla frézy [13].



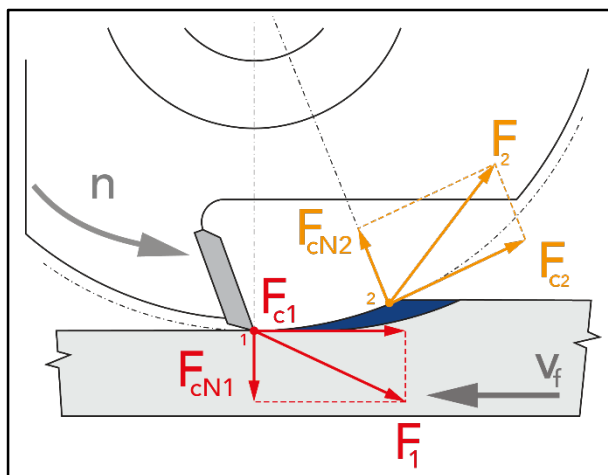
Obr. 9 Sousledné frézování [4].

## 1.5 Řezná síla – řezný odpor

Řezná síla je síla, kterou musí nástroj vynaložit k oddělení třísky od obrobku. Řezná síla i řezný odpor mají stejnou velikost a jsou reakcí těže síly. Výsledná řezná síla je složena ze složky normálové ( $F_{cN}$ ) a tečné ( $F_c$ ) (viz obr. 10 a obr. 11). Tečná složka řezné síly je zpravidla větší než složka síly normálové. Velikost řezné síly je funkcí mnoha faktorů, především pak tloušťky třísky, řezné rychlosti, vlastností obráběného materiálu a řezných úhlů nástroje. Je prokázána souvislost mezi velikostí normálové složky síly a kvalitou obrobeného povrchu. U nesousledného frézování nabývá normálová složka kladných i záporných hodnot v závislosti na poloze břitu nástroje (viz obr. 12). Pozitivní složka normálové síly je zodpovědná za vyštípování vláken dřeva. Její velikost roste s velikostí tloušťky třísky a klesá s rostoucím úhlem čela nástroje. Částečnou redukci normálové složky síly můžeme dosáhnout změnou řezné geometrie, přesnějším upnutím nástroje a snížením vibrací nástroje. Tečná složka řezné síly je rovnoběžná se směrem řezné rychlosti nástroje a může být zodpovědná za rozštěpené hrany obrobku na konci frézovací operace. Její velikost je závislá na stejných faktorech jako velikost normálové složky. Významný vliv na velikost řezné síly má opotřebení břitu nástroje. S opotřebením vzrůstá řezná síla, spotřeba energie a zhoršuje se kvalita obrobeného povrchu. Samotné opotřebení lze definovat jako úbytek materiálu břitu způsobený mechanickými a chemickými faktory spojenými s obráběcím procesem [10, 11, 16].

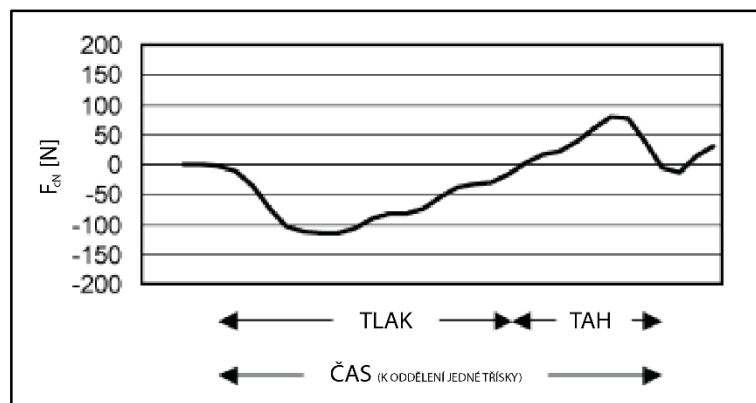


Obr. 10 Řezná síla u sousledné frézování [4].



Obr. 11 Řezná síla u nesousledné frézování [4].





Obr. 12 Průběh normálové složky síly u nesousledného frézování [16].

### Určení velikosti řezné síly

Velikost řezné síly se určuje nejčastěji experimentálně, nebo pomocí některé z výpočtových metod, například technologicko-statistickou metodou, kdy je řezná síla určena z výpočtu měrného řezného odporu  $K$  [N], který závisí na parametrech řezného procesu, obráběcím nástroji a vlastnostech obrobku [11].

## 1.6 Vlastnosti obráběného materiálu

Volbu vhodné konstrukce frézovacího nástroje ovlivňují vlastnosti obráběného materiálu, a to především jeho hustota, homogenita a u rostlých masivních dřev navíc i směr růstu vláken. V porovnání s kovovými materiály má dřevo výrazně nižší teplotní vodivost, nižší hustotu a má nesourodé mechanické vlastnosti.

### Vlastnosti dřeva

Dřevo je nehomogenní materiál organického původu. Dle mechanických vlastností můžeme dřevo rozdělit na měkké dřevo (borovice, lípa, smrk) a tvrdé dřevo (dub, habr, jasan). Mechanické vlastnosti dřeva závisí především na orientaci jednotlivých vláken a na způsobu namáhání. Obecně platí, že mechanické vlastnosti v podélném směru vláken několikanásobně převyšují vlastnosti ve směru kolmém k vláknům. Dřevo je charakterizováno několika základními ukazateli: pevností, tvrdostí, pružností, vlhkostí a hustotou. Pevnost charakterizuje odpor dřeva proti trvalému porušení a stanovuje se experimentálně. Tvrdost charakterizuje odpor, který klade dřevo proti vnikání cizích těles do jeho povrchu. Podobně jako u pevnosti je tvrdost určena experimentálně mechanickou zkouškou. Při mechanických zkouškách je nutné brát v úvahu nehomogenitu dřeva a výskyt koncentrátorů napětí, jakými jsou například suky, nebo praskliny. Pružnost materiálu charakterizuje míru, s jakou se materiál po zatížení vrací do původního stavu. Pružnost ve směru růstu vláken je výrazně vyšší než ve směru kolmo k vláknům. Dřevo má schopnost pohlcovat vlhkost (hygroskopičnost). Míra vlhkosti dřeva se určuje jako podíl hmotnosti vody obsažené ve dřevě k hmotnosti suchého dřeva. Vlhkost výrazně snižuje pevnost a obrobitelnost dřeva a také má za následek rozměrové zvětšení materiálu ve směru růstu vláken. Proto je nutné syrové dřevo před obráběním vysušit a následně jej skladovat ve vhodných prostorách. Ideální vlhkost dřeva pro obrábění je mezi 10–14 %. Díky pórovité struktuře je dřevo výborným tepelným izolantem. Dřevo podléhá bio rozkladu, ten však lze vhodnou

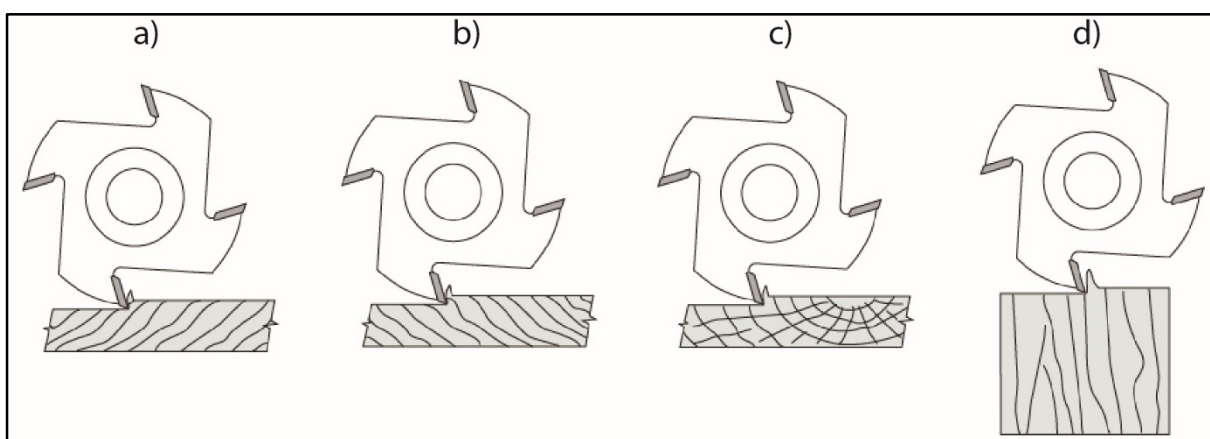
chemickou úpravou výrazně zpomalit. Životnost dřeva za ideálních podmínek dosahuje, bez významných ztrát mechanických vlastností, několika stovek až tisíců let. Všechny výše zmíněné vlastnosti ovlivňují míru obrobiteľnosti dřeva, která se hodnotí podle několika specifických kritérií [10].

**Míra obrobiteľnosti dřeva se hodnotí dle [10]:**

- velikosti a kvality obrobené plochy za jednotku času,
- velikosti řezné síly,
- intenzity opotřebení ostří nástroje.

**Frézování v závislosti na směru vláken (viz obr. 13) [4]:**

- **Frézování ve směru vláken:** jedná se o nejběžnější způsob frézování, při kterém se dosahuje velmi pěkného povrchu obrobené plochy při vysoké řezné rychlosti.
- **Frézování proti směru vláken:** obtížný způsob frézování dřeva, kdy dochází ke zdvihání vláken. Frézování proti směru vláken se nedoporučuje.
- **Frézování přes vlákna:** jednoduchý způsob frézování s výsledným vlnitým a drsným povrchem.
- **Frézování konce vláken:** může docházet k vyštipování vláken. Z toho důvodu se využívají pouze malé frézovací rychlosti.



Obr. 13 Frézování dle směru vláken [4]: a) ve směru vláken, b) proti směru vláken, c) přes vlákna d) konce vláken.

### Vlastnosti materiálů na bázi dřeva

Motivací pro vznik nových materiálů na bázi dřeva byla snaha využít příznivých vlastností dřeva (dobré izolační vlastnosti, snadná obrobiteľnost) a odstranit vlastnosti negativní (nehomogenita, anizotropie). Materiály na bázi dřeva můžeme rozdělit na

materiály aglomerované a překližkové. Výroba aglomerátů spočívá v rozemletí dřeva na drobné částice a následném spojení a vytvarování pomocí vhodného pojiva. Rozlišují se dva základní typy pojiv: pojiva organická a minerální. Překližkové materiály se vyrábí vzájemným slepením různě orientovaných vrstev dřeva (nejčastěji pod úhlem 90°).

#### Mezi hlavní výhody těchto materiálů patří:

- snížení nehomogenity,
- velikost produktu je omezena pouze výrobní technologií,
- efektivní využití přírodního materiálu,
- využití méně kvalitních a rychle rostoucích dřevin k výrobě kvalitního materiálu,
- stálost tvaru,
- odolnost proti povětrnostním podmínkám.

#### Mezi aglomerované materiály na bázi dřeva patří:

- **Dřevotřísková deska:** materiál složený z dřevěných či jiných celulóznicích částic (třísek, pilin, lamel apod.) spojený lepidlem a lisovaný za tepla (viz obr. 14).
- **MDF:** středně tvrdá vláknitá deska, vyznačující se stejnorodou strukturou slisovaných částic (viz obr. 15).
- **OSB deska:** třívrstvá lisovaná deska složená z velkoplošných štěpek. Vnější vrstvy desky mají směr orientace štěpek rovnoběžný s délkou, nebo šířkou desky. Vnitřní štěpky mají směr zpravidla kolmí na lamely vnějších vrstev.
- **Dřevoplast (WPC):** směs dřevěných či jiných celulóznicích částic s příměsí plastu.

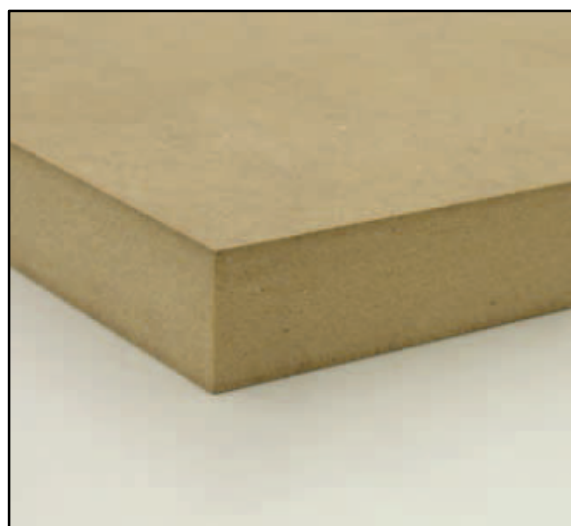
Jednotlivé materiály na bázi dřeva bývají často potaženy přidavným materiálem, který zlepšuje jeho vlastnosti a vzhled.

#### Mezi potahové materiály patří:

- **Dýha:** tenký pás, nebo list dřeva o tloušťce 0,3 mm až 5 mm.
- **Laminovací fólie:** laminovací papír zalit melaninovou pryskyřicí (viz obr. 14).
- **Plastová fólie:** fólie z materiálu ABS.
- **Papír.**



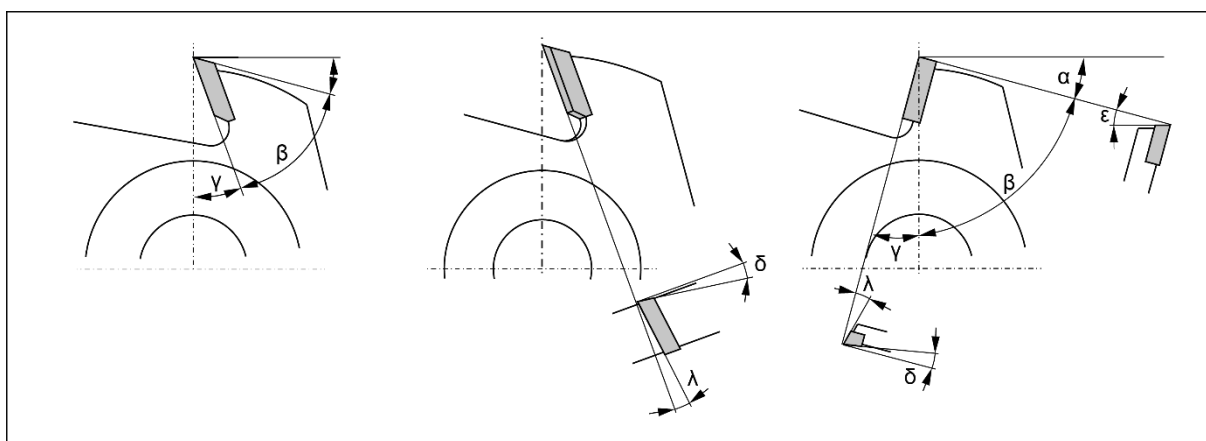
Obr. 14 Dřevotřísková deska potažená laminovací fólií [3].



Obr. 15 Deska MDF [3].

## 1.7 Geometrie břítu

Břit je řeznou částí nástroje, která realizuje oddělení třísky od obráběného materiálu. Geometrie břítu je definována jednotlivými řeznými úhly (viz tab. 1). Konkrétní geometrie pak závisí na aplikaci nástroje, řezném materiálu a vlastnostech obráběného materiálu (viz kapitola „Vlastnosti obráběného materiálu“ a kapitola „Řezné materiály“). Správná geometrie řezných úhlů výrazně ovlivňuje velikost řezné síly, životnost nástroje a kvalitu obrobené plochy. Vliv jednotlivých řezných úhlů na obráběcí proces je předmětem rozsáhlého výzkumu.



Obr. 16 Geometrie břítu nástroje [4].

Tab. 1 Řezné úhly [3, 4].

Název	Symbol	Popis
Úhel hřbetu	$\alpha$	Úhel hřbetu ovlivňuje tření mezi ostřím břitu a obrobkem. Velikost úhlu se pohybuje od 10° do 25°.
Úhel břitu	$\beta$	Úhel břitu je důležitý pro stabilitu řezné destičky. Čím je větší, tím lepší je odolnost proti opotřebení nože. S rostoucím úhlem břitu dochází ke zvětšování řezné síly potřebné k oddělení třísky. Ze zvyšující se tvrdostí obráběného materiálu se úhel břitu obvykle zvětšuje. Velikost úhlu se pohybuje nejčastěji od 40° do 75°.
Úhel čela	$\gamma$	Úhel čela má vliv na velikost řezné síly a tvorbu třísky. Obvykle se pohybuje od 5° do 30°. Pro frézování přes vlákna a houževnaté materiály se používá větší úhel čela. Pro tvrdé a křehké materiály se používá menší úhel čela.
Úhel bočního podbrusu	$\delta$	Úhel bočního podbrusu ovlivňující tření mezi ostřím břitové destičky a obrobkem.
Úhel zkosení	$\epsilon$	Slouží k vytvoření řezné geometrie u předřezových zubů.
Úhel sklonu ostří (axiální úhel)	$\lambda$	Velikost úhlu sklonu ostří, někdy také nazývaného axiální úhel čela, záleží především na obráběném materiálu a způsobu obrábění. Velikost úhlu se pohybuje od 5°-50°, úhel 0° se využívá především u hoblovacích nožů. Velikost úhlu ovlivňuje kvalitu obrobeného povrchu a velikost řezné síly.

## 1.8 Redukce hluku a vibrační nástroje

Mezi hlavní trend konstrukce dřevoobráběcích nástrojů patří snižování hladiny hluku a vibrací při obráběcím procesu. Ve srovnání s nástroji na kov pracují dřevoobráběcí nástroje při vyšších řezných otáčkách (až 25 000 min<sup>-1</sup>), což vede k vyššímu riziku rozkmitání nástroje a vzniku nežádoucího hluku. Vibrace nástroje jsou způsobeny především turbulentním prouděním vzduchu kolem rotujícího nástroje, rázy vzniklémi při vnikání ostří nástroje do obrobku a špatným dynamickým vyvážením nástroje. Tyto nežádoucí vibrace také snižují kvalitu obrobeného povrchu a životnost ostří nástroje [4].

**Nežádoucí vznik vibrací lze ovlivnit:**

- snížením hmotnosti těla nástroje,
- aerodynamickým tvar nástroje,
- zvýšením přesnosti upínání nástroje (snížením obvodové házivosti),
- optimální volbou řezné rychlosti,
- zvýšením tuhosti soustavy stroj-nástroj-obrobek,
- zmenšením tloušťky odebírané třísky,
- volbou optimálních řezných úhlů (snížením řezného odporu nástroje),
- snížením hodnoty zbytkové nevyváženosti nástroje.

## 2 UPÍNACÍ SYSTÉMY VBD

Upínací systém musí splňovat požadavky na dostatečnou tuhost a bezpečnost upnutí VBD v lůžku, a to v celém rozsahu řezných podmínek. Hlavním úkolem upínacího systému je kompenzace silového zatížení působícího na nástroj při obráběcím procesu (především řezných a odstředivých sil). Důležitým faktorem je také jednoduchá a opakovatelná výměna opotřebované břitové destičky s dosažením požadované přesnosti upnutí **0,02-0,04 mm**. Konstrukce upínacího systému podléhá především nutnosti vytvoření konkrétních řezných úhlů, které vychází z výše zmíněných vlastností obráběcího nástroje, obráběného materiálu a charakteru řezného procesu. Konstrukce upínacích systémů vychází z norem **ČSN EN 847-1** a **ČSN EN 847-2**.

### 2.1 Způsob upínání VBD

**Faktory ovlivňující upínací systém VBD:**

- řezné úhly VBD,
- silové zatížení VBD,
- tvar a rozměrové parametry VBD,
- řezný materiál VBD,
- tvar, rozměry a materiál těla frézy.

Dle normy ČSN EN 847-1 rozlišujeme dva způsoby upnutí VBD:

#### **Silové upnutí VBD**

Spojení, při němž je během otáčení zabráněno změně polohy VBD v radiálním směru pouze třecími silami. Konstrukce nástrojů využívajících silového upnutí VBD podléhá normě ČSN EN 847-2. Upnutí silovým způsobem je možné použít v případě že [1, 2]:

- Nůž frézovacího nástroje na srovnávání, nebo tloušťkování má řeznou šířku nejméně 150 mm.
- Pro nože ve frézovacích nástrojích se strojním posuvem.

#### **Tvarové upnutí VBD**

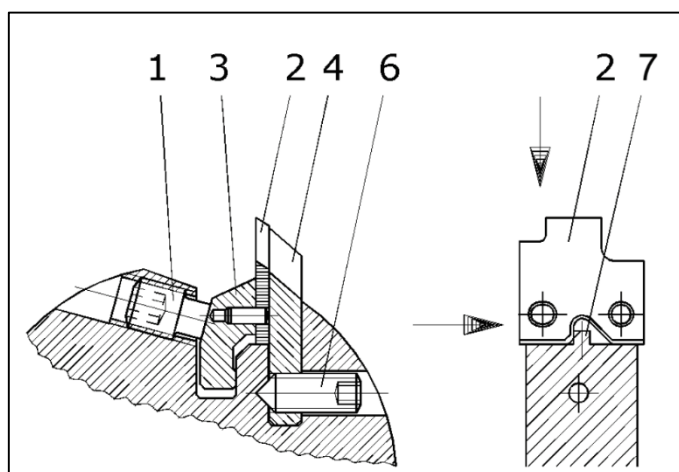
Spojení, při němž je během otáčení zabráněno vzájemné změně polohy v radiálním směru tvarem a uspořádáním jednotlivých součástí. Jednotlivé elementy upínacího systému (kolíky, drážky, rýhování) musí zajišťovat spolehlivé a přesné mechanické upevnění rozebíratelných prvků. Pokud je použit pro spojení kolík je nutné použít nejméně dvou kolíků pro nůž o šířce více než 30 mm [1, 2].

## 2.2 Upínání profilových nožů

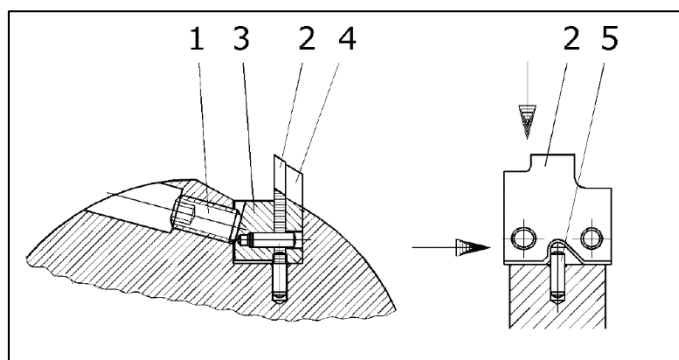
Upínání profilovaných VBD se provádí především pomocí tvarového upnutí. VBD je nejčastěji přitlačena přes upínací klín k tělu frézy. Pro zvýšení přesnosti upínání bývá upínací systém doplněn o čep nebo rýhování zajišťující správnou a jednoznačnou polohu VBD.

### Profi-Vit

Univerzální upínací systém používaný firmou Oertli sloužící k upínání profilových výměnných destiček pro nástroje se strojním posuvem (viz obr. 17 a obr. 18). Jedná se o tvarové upnutí, kdy je VBD sevřena mezi opěrnou destičkou (4), sloužící k vyztužení břitu a upínacím klínem (3). Upínací klín je k tělu frézy přitlačen stavěcím šroubem (1). Tvar opěrné destičky kopíruje tvar profilu VBD. VBD je posazena na čepy (5), které zajišťují správnou axiální i radiální polohu. Existují dvě konstrukční řešení. V prvním je opěrná destička upevněna stavěcím šroubem (obr. 17), nezávisle na VBD, a je odstraněna pouze v případě změny profilu. V druhém konstrukčním řešení je opěrná destička integrována do lůžka nástroje a přitlačena upínacím klínem (obr. 18). Výhodou systému je jeho univerzálnost (na jedno tělo nástroje je možno upnout několik různých profilů), nevýhodou pak jeho konstrukční složitost [8].



Obr. 17 Upínání Profi-Vit, verze 1 [8].

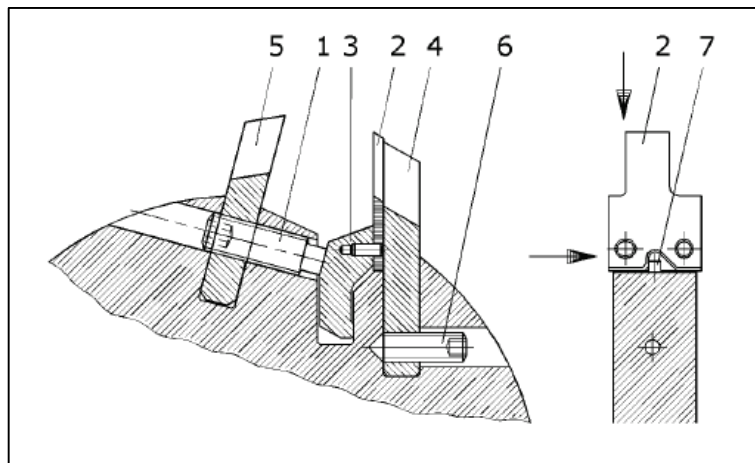


Obr. 18 Upínání Profi-Vit, verze 2 [8].



### Profi-Vit s omezovačem tloušťky třísky

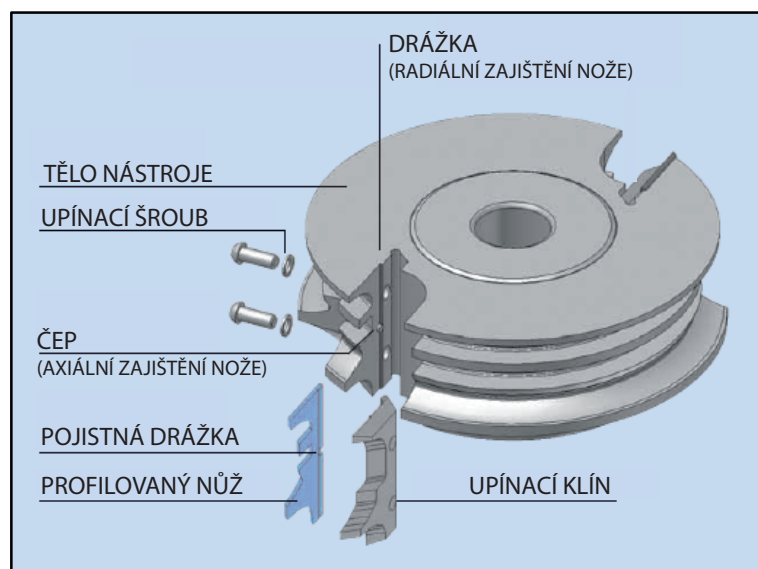
Systém Profi-Vit je doplněn o tzv. omezovač třísky (viz obr.19), který zamezuje zpětnému rázu obrobku při ručním posuvu. Omezovač (5) kopíruje profil VBD. Konstrukce upínacího systému nástroje musí zajistit, aby upnutí nože bylo možné, pouze pokud je omezovač ve správné pozici. Konstrukce omezovače tloušťky třísky podléhá normě ČSN viz kapitola „Nástroje s ručním posuvem“ [7].



Obr. 19 Upínání Profi-Vit s omezovačem třísek [7].

### ProfilCut

Upínací systém firmy Leitz využívá podobného principu jako systém Profi-Vit. Základním rozdílem je přitažení upínacího klínu pomocí upínacích šroubů se zaoblenou hlavou. Tvar těla kopíruje tvar profilovaného nože, čímž je docíleno lepších aerodynamických vlastností nástroje (nástroj dosahuje nižší hlučnosti a vyšší odolnosti proti vibracím). Systém také nevyžaduje použití opěrné destičky, jako u systému Profi-Vit. Nevýhodou systému je možnost použití pouze jednoho konkrétního profilu [3].

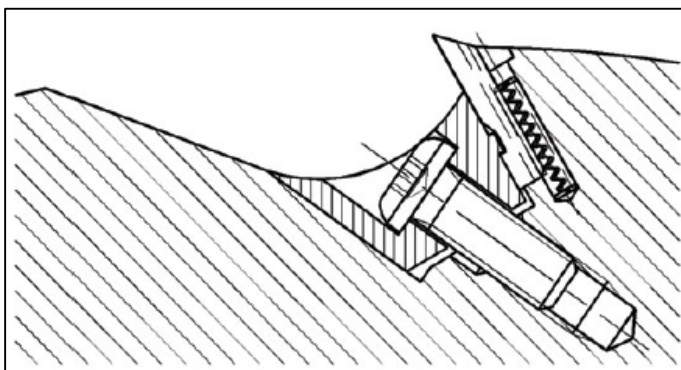


Obr. 20 Systém ProfilCut [3].

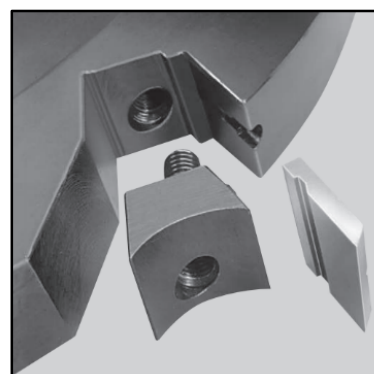
## 2.3 Upínání univerzálních VBD

### WIN knife systém

Upínací systém WIN-knife firmy Oertli je určený pro univerzální VBD. Systém využívá tvarového upnutí, kdy je nůž upnut přes upínací klín (viz obr. 21). Poloha nože je jednoznačně zajištěna drážkou a čepem. Požadavkem upínacího klínu a zubové mezery je, aby co nejméně narušovaly kruhovitý tvar nástroje. Tento design pak přispívá ke zlepšení obtékání vzduchu a tím snížení vibrací nástroje. Upínací klín je přizpůsoben výměnné břitové destičce, její tloušťce, tvaru a úhlové poloze v lůžku nástroje. Systém se využívá pouze pro obrábění dřeva, nejčastěji pak pro drážkovací nástroje. Výhodou systému jsou malé prostorové nároky. Proto je systém vhodný pro použití v nástrojových sadách, kde je nutné upnout několik frézovacích nástrojů nad sebe na jednu hřídel. Systém existuje v několika variantách, které se liší zejména typem upínacího šroubu [6].



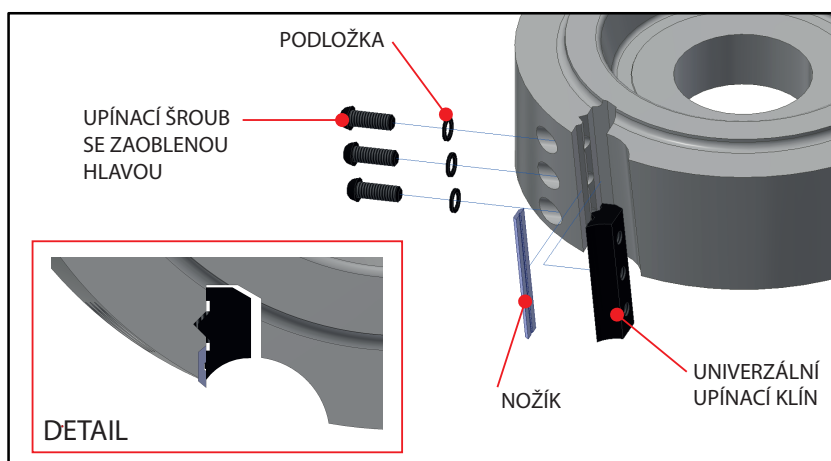
Obr. 21 Upínání s podporou hlavy šroubu [6].



Obr. 22 WIN-knife systém [6].

### Upínací systém firmy Vydona

Upínací systém firmy Vydona upíná VBD mechanicky pomocí ocelového klínu, který je k tělu frézy přitažen pomocí upínacího šroubu se zaoblenou hlavou. Poloha VBD je jednoznačně vymezena tvarem drážek a čepem uloženým v těle nástroje. Výhodou systému je umístění upínacího šroubu, které zabraňuje jeho znečištění [5].



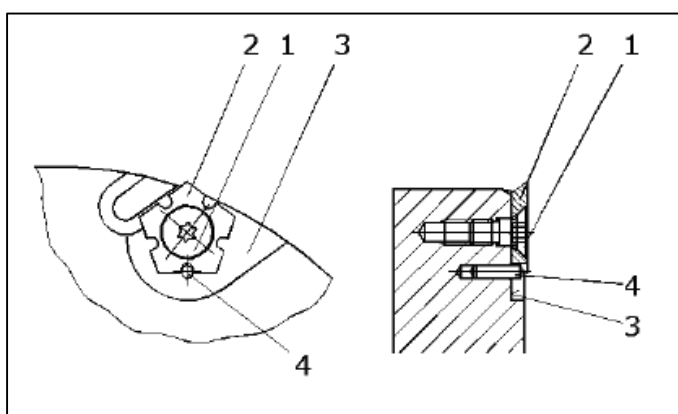
Obr. 23 Upínací systém univerzálních nožů firmy Vydona [5].

### 2.3.1 Upínání tvarových nožů

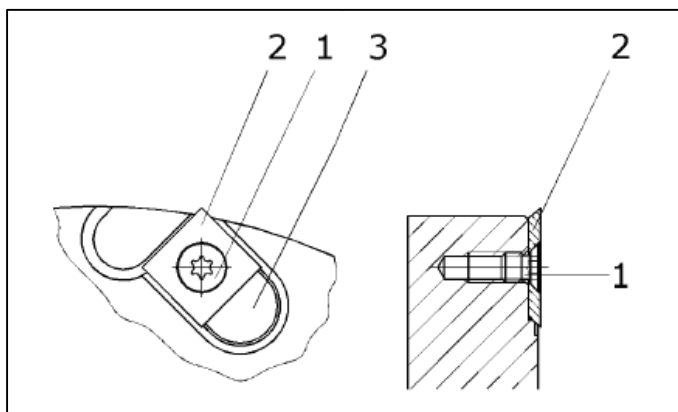
System upnutí VBD přes upínací šroub se vyskytuje zejména u předřezávacích, zaoblovacích a srážecích destiček ze slinutých karbidů (HW). Tyto destičky jsou upnuty zpravidla na vrchní, případně spodní straně nástroje. K upnutí se využívá nejčastěji upínací šroub s kuželovou hlavou. Výhodou tohoto systému je jeho jednoduchost.

**Jednoznačnost upnutí přes upínací šroub je zajištěna:**

- čepem (viz obr. 24),
- vhodným tvarováním opěrných ploch lůžka VBD (viz obr. 25).



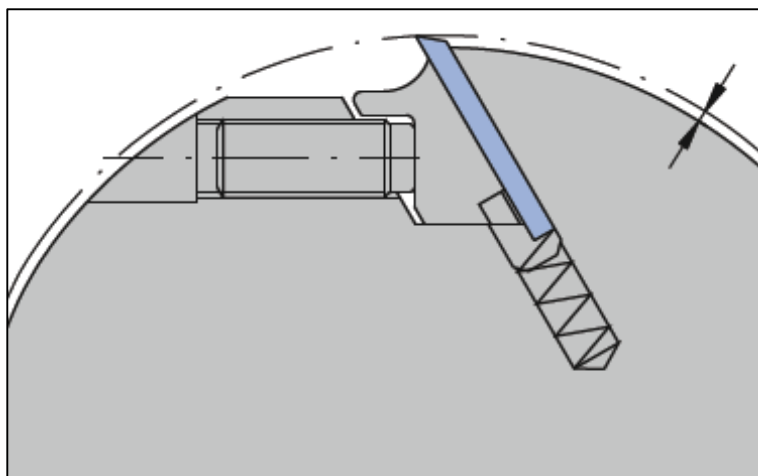
Obr. 24 Zajištění polohy čepem (4) [6].



Obr. 25 Zajištění polohy tvarováním lůžka VBD [6].

### 2.3.2 Upínání hoblovacích nožů

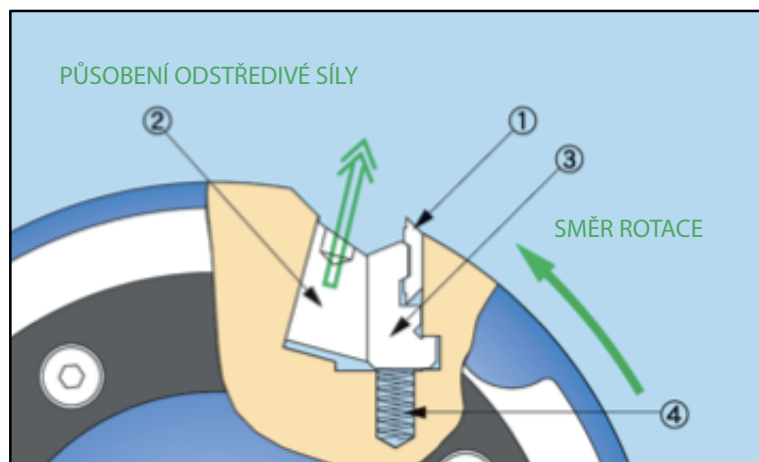
Upnutí hoblovacího nože se provádí přes upínací lištu silovým způsobem. Nůž je silou přitlačen přes upínací lištu k tělu frézy. V některých případech je pomocí pojistného šroubu zajištěn axiální posuv nože. Pod nožem se může nacházet přitlačná pružina, která zajišťuje předpětí při seřizování výšky nože.



Obr. 26 Upínání silovým způsobem firmy Leitz [3].

### Systém firmy Kanefusa

Systém firmy Kanefusa (obr. 27) slouží k upínání hoblovacích nožů. Konstrukce kombinuje tvarové i silové upnutí nože. Upínací klín (2) je vlivem odstředivé síly vytlačován ven z těla frézovacího nástroje, tím dochází k přitlačení pomocného upínacího elementu (3), do kterého je vložen hoblovací nůž (1). Přitlačná pružina (4) slouží k zajištění předpětí při montáži a seřizování výšky nože [9].



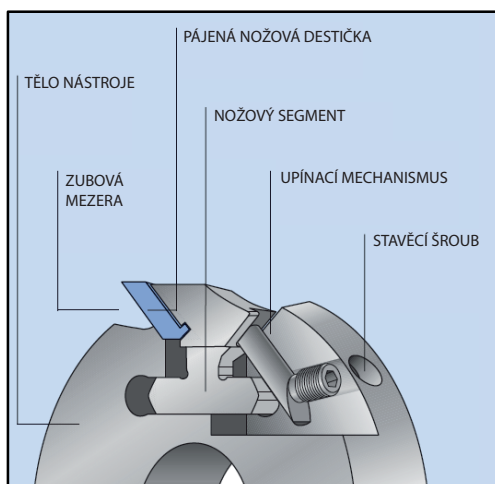
Obr. 27 Systém firmy Kanefusa [9].

## 2.4 Upínání přes výměnný nožový segment

Někdy není možné řeznou destičku upnout přímo na tělo nástroje. V těchto případech se destička upne na segment, který je následně upnut do těla nástroje. Destička může být na segment připájena, nebo mechanicky upnuta. Upínání přes nožový segment se vyskytuje například u diamantových nástrojů, nebo u nástrojových systémů s konstantním řezným poloměrem.

### Profix

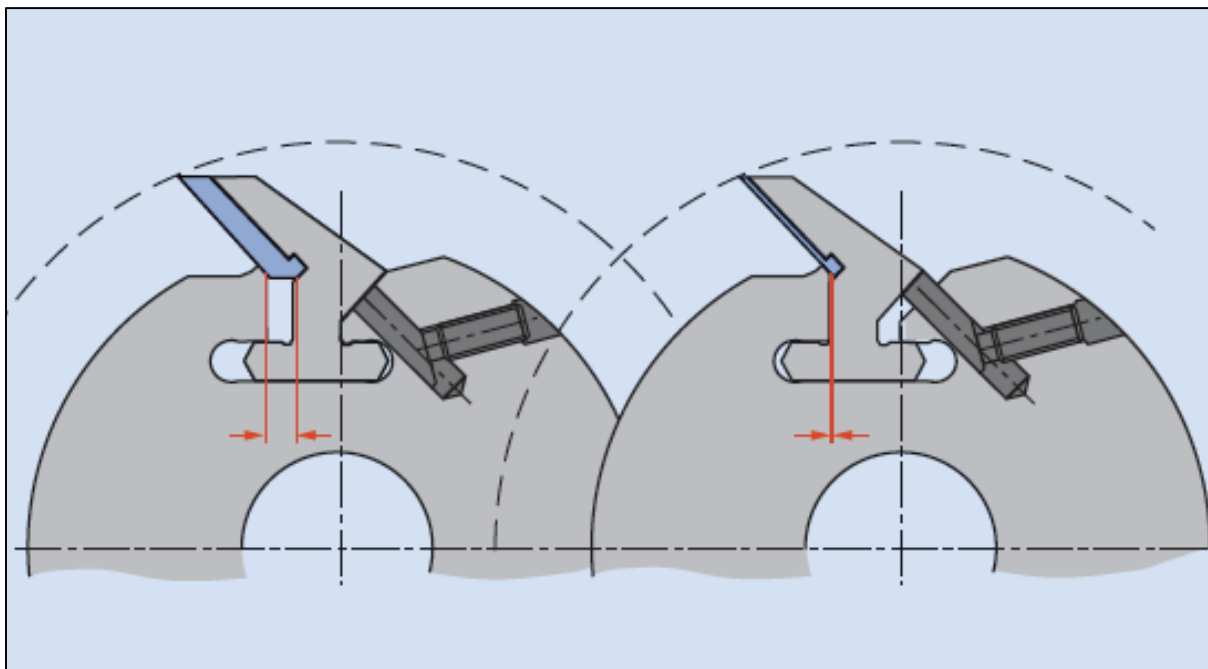
Profix je pokročilý nástrojový systém vyvinutý německou firmou Leitz. Systém využívá výměnných nožových segmentů s profilovanou břitovou destičkou. Břitová destička je k nožovému segmentu připájena. Díky tomu je možný široký výběr řezných materiálů, jako jsou například destičky z rychlořezné oceli, slinutých karbidů, nebo syntetického diamantu. Nožový segment je vložen do T-drážky a zajištěn upínacím mechanismem, který je ovládán pomocí stavěcího šroubu. Axiální pozice nožového segmentu je zajištěna bočním pojistným šroubem. Nástroje Profix se od konvenčních řešení profilových fréz liší zejména svou univerzálností. Tělo nástroje může být osazeno nožovými segmenty s rozdílným profilem břitové destičky. Systém dále umožňuje udržovat konstantní řezný průměr nástroje a tím docílit shodnost obrobeného profilu i po přestřžení nástroje, při kterém dochází ke ztenčení břitové destičky (viz obr. 30). Díky tomu je možné břitovou destičku nástroje až 15x naostřit. Výhodou systému je také snadná a přesná výměna nožových segmentů, bez nutnosti nového zaměření a nastavování obráběcího stroje. Svou pořizovací cenou jsou určeny pro střední až velké výrobní série [3].



Obr. 28 Schéma systému Profix [3].



Obr. 29 Příklad nástroje Profix [3].



Obr. 30 Princip konstantního řezného průměru [3].

### Proflex

Nástrojový systém firmy Leitz, je plně kompatibilní s nástroji Proflex. Podobně jako předchozí systém zajišťuje Proflex zachování konstantního řezného průměru frézy i po přestřžení břitové destičky. Hlavním rozdílem se systémem Profix jsou mechanicky upnuté výměnné břitové destičky. VBD jsou všeobecně tenčí než destičky pájené. Díky tomu mohou být přestřeny pouze 3x. Jejich výhodou je nižší cena nožového segmentu [3].



Obr. 31 Nástroj Proflex [3].



Obr. 32 Nožový segment s VBD [3].

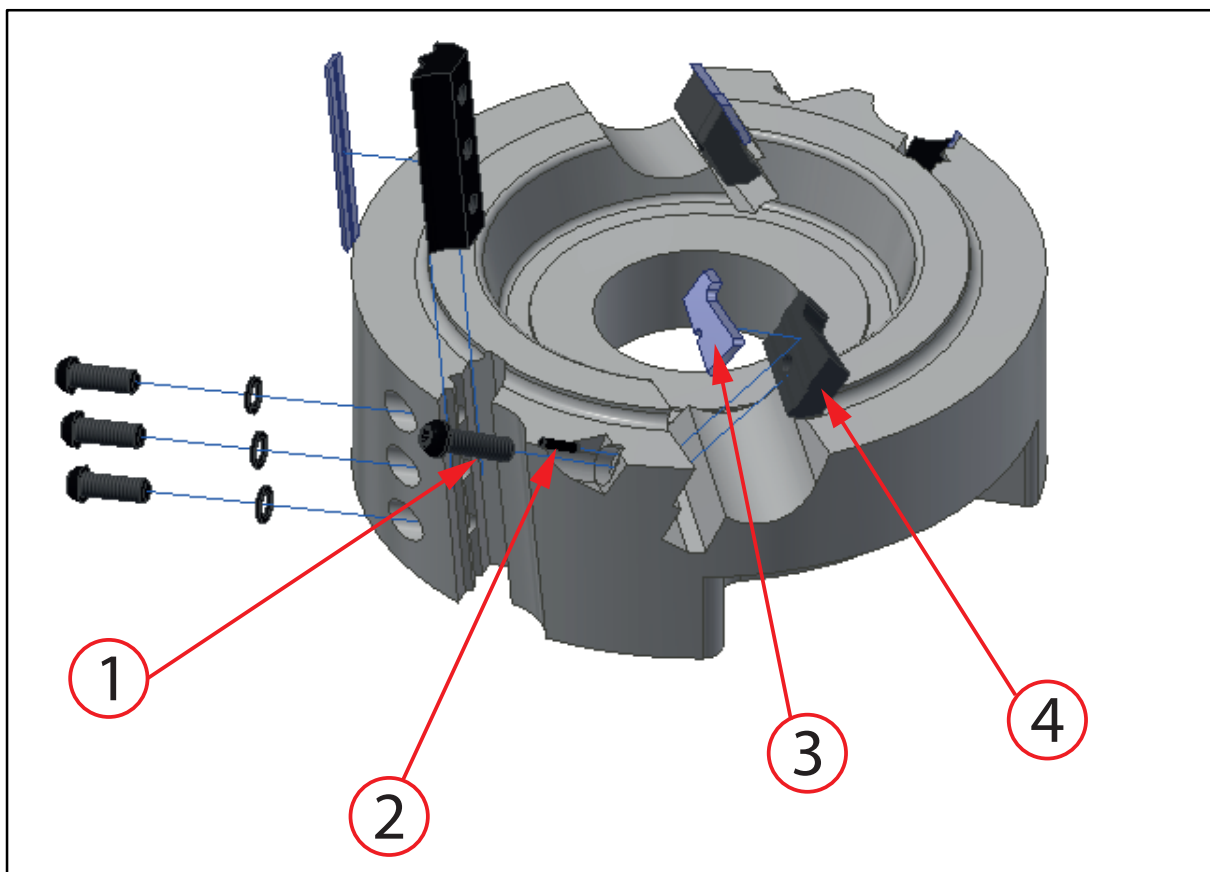
### 3 NÁVRH NOVÉHO UPÍNACÍHO SYSTÉMU VBD

Návrh nového upínacího systému vychází ze stávajícího řešení falcovacího nástroje firmy Vydoná (viz obr. 33). Jedná se o nástroj pro nesousledné frézování se strojním posuvem. Materiál těla nástroje a základní geometrie nástroje budou zachovány. Nahrazena bude pouze profilovaná, předřezávací VBD ze slinutých karbidů (3) za destičku novou, a to včetně jejího návrhu. Navržený systém bude možné použít pro různé falcovací nástroje dle požadavků zákazníka. Pro účely této práce bude uvažován konkrétní falc o hloubce 15 mm s vnitřním rádiusem 1 mm a vnějším rádiusem 2 mm.

**Hlavním cílem nového upínacího systému je:**

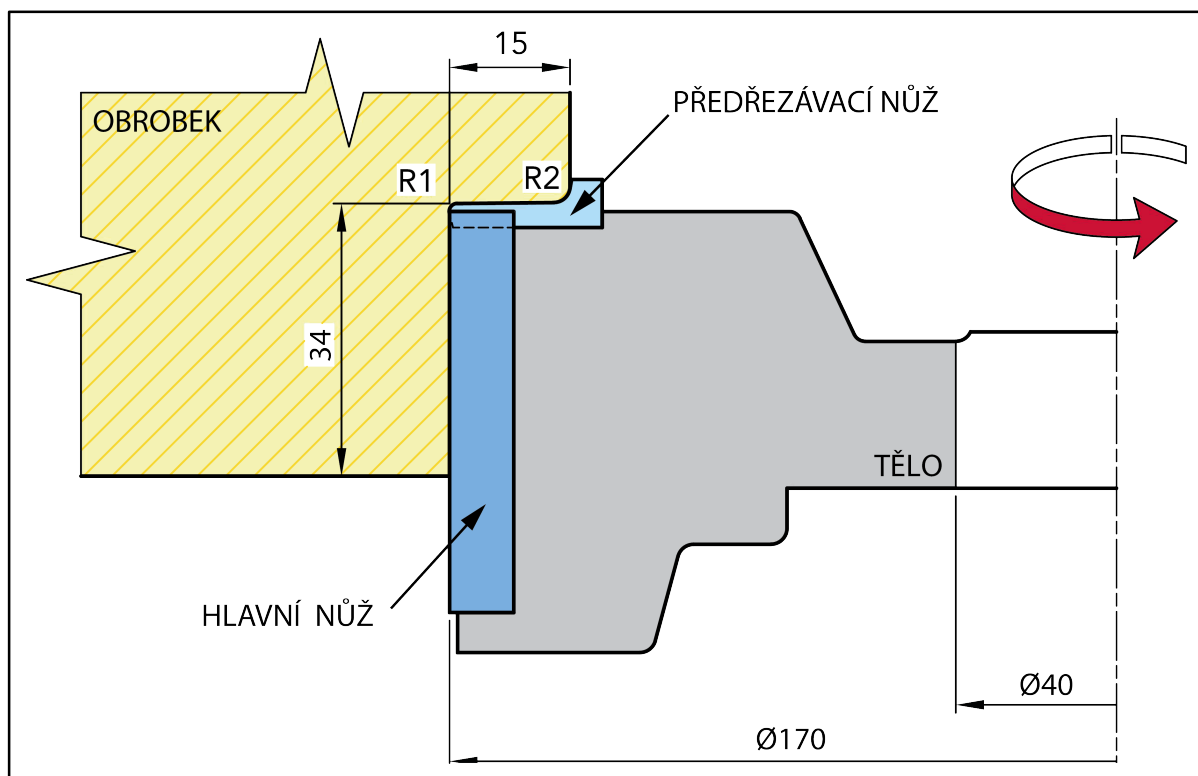
- dosáhnout vyšší přesnosti upínání,
- zjednodušit výrobu nástroje,
- navrhnout upínání s nižší náročností na prostor
- navrhnout polotovar VBD pro šířky falců 8, 10, 12 a 15 mm a rozmezí zaoblovacích rádiusů od 1 do 2,5 mm.

Materiál těla frézy je zvolen s ohledem na hmotnost nástroje, která musí být co nejnižší. Proto je volen materiál EN AW 7075. Jedná se o slitinu hliníku, zinku, hořčíku a mědi s pevností v tahu min 530 MPa.



Obr. 33 Stávající upínací systém [5]: 1-upínací šroub; 2-čep, 3-profilovaná VBD, 4-upínací klín.

Funkcí předřezávací VBD je pouze dotvářet výsledný povrch falcu a zaoblovat jeho hrany. Plocha odebíraná touto VBD je v případě uvažovaného falce 1x15 mm<sup>2</sup>. V důsledku toho lze předpokládat působení malé řezné síly. Na základě těchto a výše zmíněných faktů bylo navrženo nové schéma falcovacího nástroje (viz obr. 34).



Obr. 34 Schéma nového řešení, pohled v normálové rovině dřeva

V tomto schématu je stávající profilovaná předřezávací VBD nahrazena tvarovým nožem. Použití tvarového nože vychází již z existujících řešení předřezávacích VBD popsaných v kapitole „Upínání tvarových nožů“. Tento typ upínacích systémů upíná VBD zpravidla přes upínací šroub s kuželovou hlavou. Výhodou tohoto systému v porovnání se stávajícím upínacím systémem je jeho jednoduchost a nižší prostorová náročnost. Jednoznačnost upínání nového systému bude zajištěna vhodným tvarováním opěrných ploch lůžka nástroje. Řezné úhly nástroje jsou tvořeny úhly VBD a sklonem lůžka nástroje. Volba řezných úhlů vychází z předcházejících kapitol (viz kapitola „Geometrie břitu“). Doporučený úhle břitu se u VBD ze slinutých karbidů pohybuje od 45° do 55° (viz kapitola „Řezné materiály“).

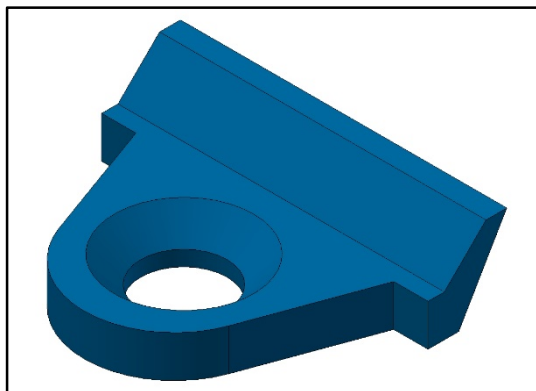
Tab. 2 Volba řezných úhlů.

Úhel	Velikost
Úhel hřbetu	$\alpha = 15^\circ$
Úhel břitu	$\beta = 55^\circ$
Úhel čela	$\gamma = 20^\circ$
Úhel sklonu ostří	$\lambda = 10^\circ$

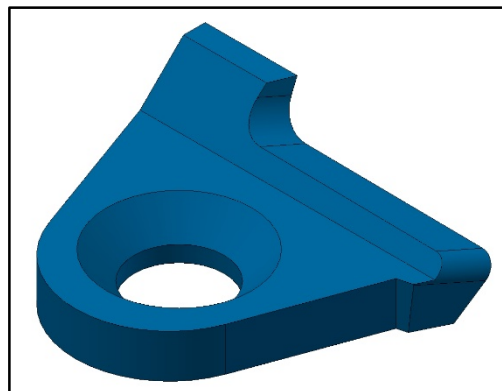


### 3.1 Návrh nové VBD

Nová VBD je navržena s průchozí dírou s kuželovým zhloubením. Tvar VBD vychází z již existujících řešení (viz příloha 4). Destička bude dodávána dodavatelem ve formě polotovaru, který si firma Vydona s ohledem na šířku falců a velikost rádiusů dobrousí (viz obr. 35). Opěrné plochy a čelo VBD budou dodavatelem broušeny na požadované tolerance.



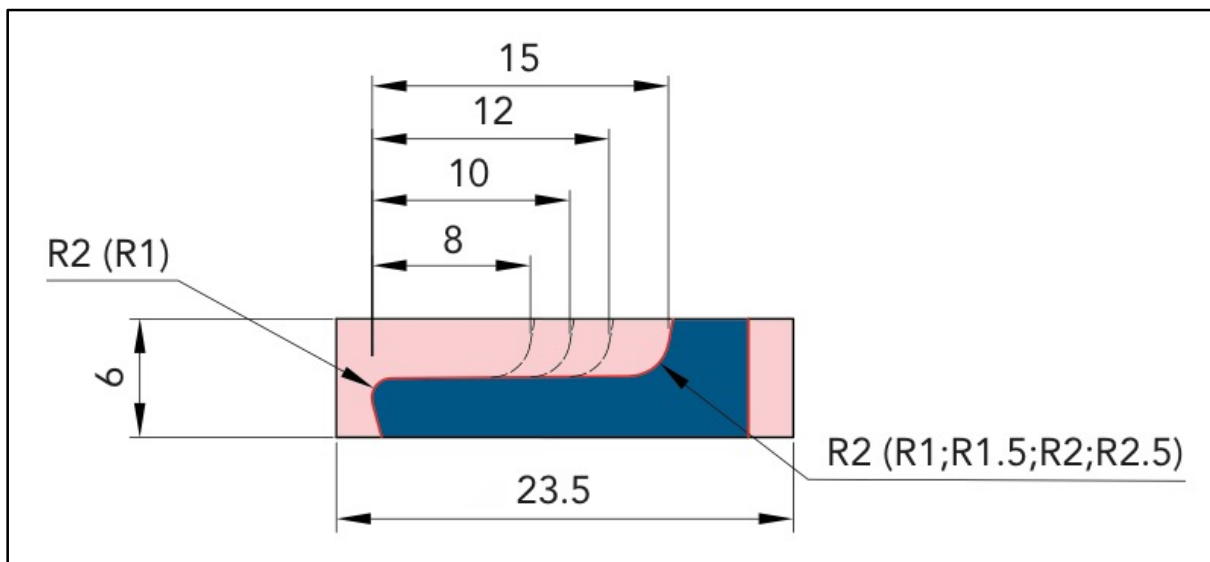
Obr. 35 Polotovar VBD.



Obr. 36 Vybroušená předřezávací VBD.

Řezný materiál VBD je zvolen s ohledem na obráběný materiál (měkké dřevo – smrk). Dle katalogu firmy Ceratizit je nejvhodnějším materiálem pro výrobu nové VBD materiál KCR08. Jedná se o slinutý karbid wolframu submikronové struktury (submikron  $< 10^{-6}$  m), kde je jako primární pojivo využít chrom (s příměsí kobaltu a niklu). V důsledku toho dosahuje tento řezný materiál vyšší životnosti a lepší korozi odolnosti [18].

Nově navrhnutý polotovar bude možno použít pro různé šířky falců a zaoblovacích rádiusů (viz obr. 37). Tvar polotovaru umožňuje vybrousit pravou i levou variantu profilu, což umožní použít destičku ze spodní i horní strany falcovacího nástroje. Výsledný profil pro vybroušení VBD vznikne orotováním profilu falcu v normálové rovině do roviny úhlu sklonu ostří  $\lambda$ . Výkres k polotovaru a vybroušené destičce pro falc 15 mm viz **Příloha 5,6 a 10** (zvolené řezné úhly viz tab. 2).



Obr. 37 Možnosti vybroušení VBD, pohled v normálové rovině.

### 3.2 Stanovení zátěžné síly působící na VBD

VBD je zatížena silovým působením řezného odporu vzniklého v důsledku řezného procesu a odstředivou silou vzniklou vlivem rotace.

#### Výpočet řezného odporu

K výpočtu řezného odporu je nutné nejprve stanovit úhly mezi břitem nástroje a směrem růstu vláken obrobku. Předpokládaný směr vláken je ve směru rychlosti posuvu obrobku.

Tab. 3 Úhly charakterizující proces řezání [11].

Úhel	Popis
$\varphi_0 = \lambda = 10^\circ$	Úhel mezi ostřím nástroje a rovinou kolmou ke směru řezání (vektoru řezné rychlosti). V tomto případě se jedná o úhel sklonu ostří $\lambda$ .
$\varphi_1 = 90^\circ$	Úhel, který svírá řezná hrana a směr dřevních vláken.
$\varphi_2 = 0^\circ$	Úhel, který svírá rovina řezu a směr dřevních vláken.
$\varphi_3 = 0^\circ$	Úhel, který svírá rovina směru řezání a směru dřevních vláken.

Pro orientační výpočet řezného odporu byla použita technologicko-statistická metoda popsána v „*Teorie obrábění dřeva – Návody do cvičení*“. Při výpočtu není uvažována řezný odpor rádiusů VBD. Při výpočtu je uvažována ideální vlhkost dřeva 12 %. Otáčky jsou stanoveny na základě doporučené řezné rychlosti pro měkké dřevo, která se pohybuje pro VBD ze slinutých karbidů od 60 do 90 m.s<sup>-1</sup> a průměru frézovacího kotouče (viz příloha 1, graf 2) [4, 11].

Tab. 4 Parametry obráběcího procesu [11].

Název	Hodnota
Obráběná dřevina	Smrk (měkké dřevo)
Vlhkost	w = 12 %
Vrstva k odfrézování	E = 1 mm
Šířka falcu	B = 15 mm
Otáčky	n = 7000 min <sup>-1</sup>
Řezný průměr frézy	D = 170 mm
Počet VBD	z = 2
Řezný úhel (úhel břitu)	$\delta' = 55^\circ$
Posuvná rychlost obrobku (Příloha 1, graf 1)	u = 16 m.min <sup>-1</sup>
Doba řezání	T = 1 h

**Střední úhel přezávání vláken**

$$\varphi_{2str} = \frac{1}{2} \arccos \left( 1 - \frac{e}{R} \right) \quad (1)$$

$$\varphi_{2str} = \frac{1}{2} \arccos \left( 1 - \frac{1}{85,05} \right) = 4,4^\circ$$

**Řezná rychlost**

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (2)$$

$$v = \frac{\pi \cdot 0,170 \cdot 7000}{60} = 62 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Střední tloušťka třísky**

$$h_{str} = u \cdot \sin(\varphi_{2str}) = \frac{u \cdot 1000}{n \cdot z} \sin(\varphi_2) \quad (3)$$

$$h_{str} = \frac{16 \cdot 1000}{7000 \cdot 2} \sin(15) = 0,3 \text{ mm}$$

**Měrný řezný odpor**

$K_{bor\varphi_2\delta}$  (Příloha 2 Tab. 1)

$k_d$  – dřeviny (Příloha 2 Tab. 2)

$k_v$  koeficient řezné rychlosti (Příloha 3 Tab. 3)

$k_h$  koeficient vlivu hloubky třísky (Příloha 3 Tab. 4)

$k_w$  koeficient vlhkosti (Příloha 3 Tab. 5)

$k_\rho$  koeficient otupení ostří (Příloha 3 Tab. 6)

$$K = K_{bor\varphi_2\delta} \cdot k_d \cdot k_v \cdot k_w \cdot k_\rho \cdot k_h \quad (4)$$

$$K = 8,5 \cdot 0,9 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,4 = 15 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

**Řezný odpor**

$$F = \frac{K \cdot B \cdot E \cdot u}{60 \cdot v} \quad (5)$$

$$F = \frac{15 \cdot 15 \cdot 1 \cdot 16}{60 \cdot 62} = 1 \text{ N}$$

**Řezný výkon**

$$P = F \cdot v \quad (6)$$

$$P = 1 \cdot 62 = 62 \text{ W}$$

Při najíždění frézovacího nástroje do obrobku vznikají rázy, které ovlivňují velikost řezného odporu. Proto je nutné řezný odpor vynásobit dynamickým koeficientem, který se skládá z rázového součinitele  $q_1$  a součinitele bezpečnosti  $q_2$ . Hodnoty těchto součinitelů jsou voleny s ohledem na předchozí měření provedená pro firmu Vydona [16].

$$F_{celková} = F \cdot q_1 \cdot q_2 \quad (7)$$

$$F_{celková} = 1 \cdot 1,4 \cdot 2 = 2,8 \text{ N}$$

### Výpočet dostředivé síly působící na VBD

Vlivem rotace působí na VBD dostředivá síla. Tato síla působí do středu rotace a její reakcí je síla odstředivá. Hmotnost VBD  $m$  je určena pomocí 3D modelu destičky v aplikaci Autodesk Inventor pro hustotu slinutých karbidů  $\rho = 2300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

$$F_d = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (8)$$

$$F_d = \frac{0,01 \cdot 62^2}{0,085} = 452 \text{ N}$$

### Závěr kapitoly

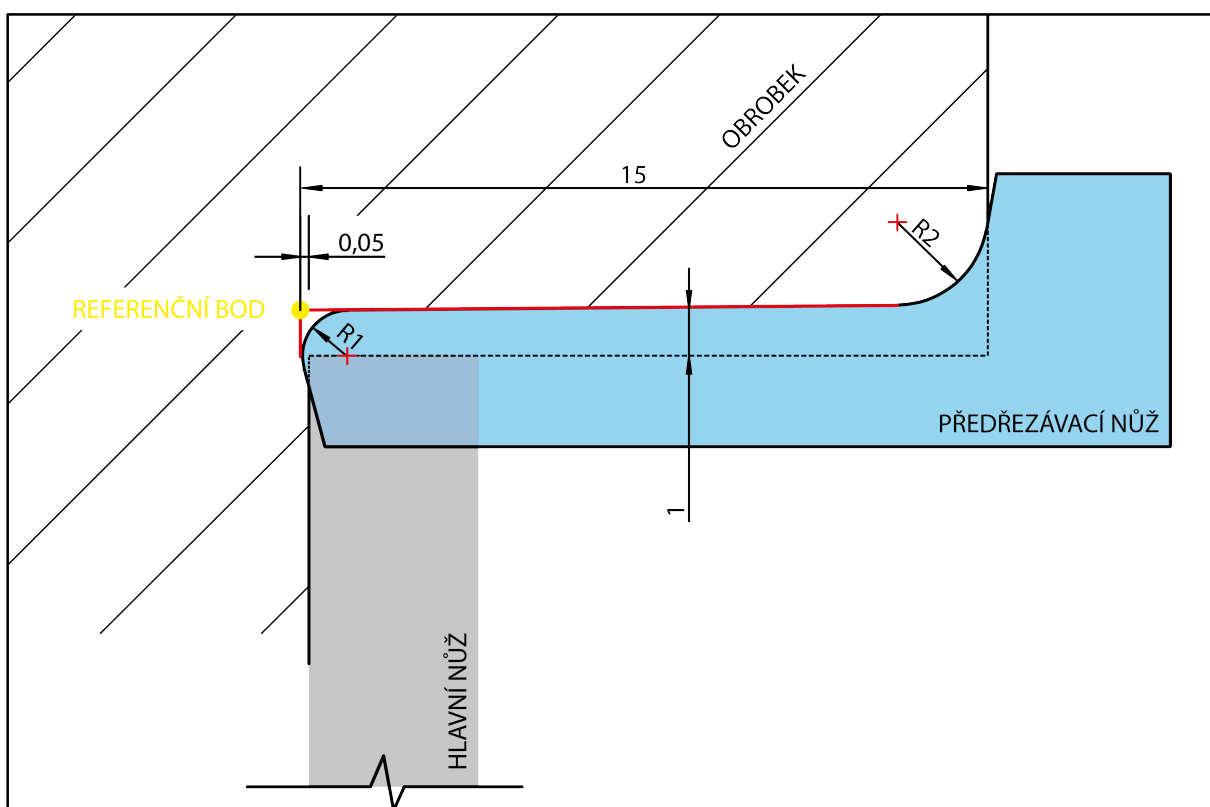
Výpočet řezného odporu je pouze orientační. Stanovení skutečné řezné síly by vyžadovalo laboratorní měření. V tomto měření by bylo nutné změřit zvlášť normálovou a tečnou složku řezné síly a na základě těchto hodnot stanovit celkový řezný odpor. Při silovém zatížení VBD je nutné také uvažovat odstředivou sílu, která působí na destičku v radiálním směru. Řezný odpor je v porovnání se silou odstředivou zanedbatelný. Z provedených výpočtů vyplývá, že upínací šroub bude primárně namáhán silou odstředivou, která je reakcí dostředivé síly a působí směrem ven z těla frézovacího nástroje.

### 3.3 Konstrukce upínání VBD

K následující kapitole se vztahuje výkresová dokumentace (viz **Přílohy 7-9**).

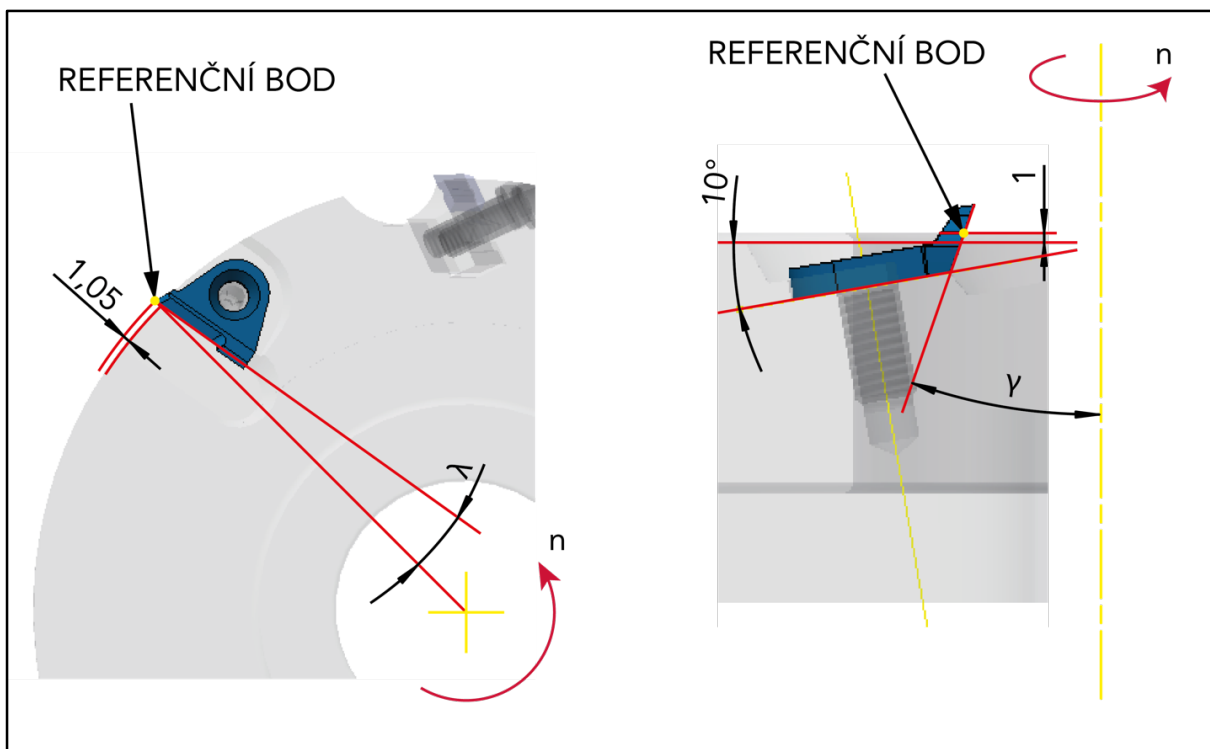
#### Určení polohy VBD

Určení polohy je rozděleno do dvou částí. V první části je poloha VBD stanovena vzhledem k poloze hlavního nože. Pro určení polohy bylo nutné stanovit tzv. referenční bod (viz obr. 38). Předřezávací nůž je přesazen v radiálním směru vzhledem k hlavnímu noži o 0,05 mm. Přesazení je nutné z důvodu tolerancím ve výrobě, kdy se přesazením zaručí správné vytvoření vnitřního rádiusu falce. Možné vzniklé prohloubení je vyrovnáno lakem, kterým je povrch dřeva následně ošetřen. Velikost přesazení předřezávacího nože v axiálním směru je závislá na velikosti vnitřního rádiusu falcu, kdy hlavní profilovací nůž končí ve středu zaoblení předřezávacího nože.



Obr. 38 Určení polohy předřezávacího nože, pohled v normálové rovině.

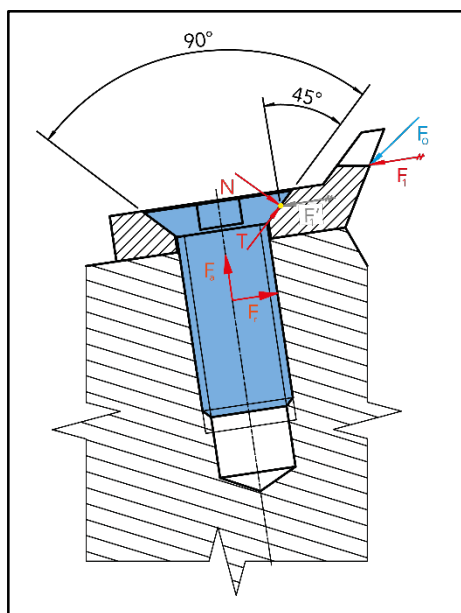
V druhé části je poloha VBD určena vzhledem k tělu frézovacího nástroje (viz obr. 39). Úhel sklonu ostří  $\lambda$  je proměnný a závisí na poloměru nástroje. Naklonění VBD o úhel slonu ostří  $\lambda = 10^\circ$  umožní plynulý záběr, kdy břit destičky vniká do obrobku postupně. Důsledkem toho se sníží velikost rázů, vzniklých při vnikání břitu do obrobku, a řezný odpor působící na VBD. Úhel čela VBD je zmenšen o úhel lůžka nástroje. Výsledný vytvořený úhel čela je  $\gamma = 20^\circ$ . Tento úhel se zejména podílí na tvorbě a odchodu třísky.



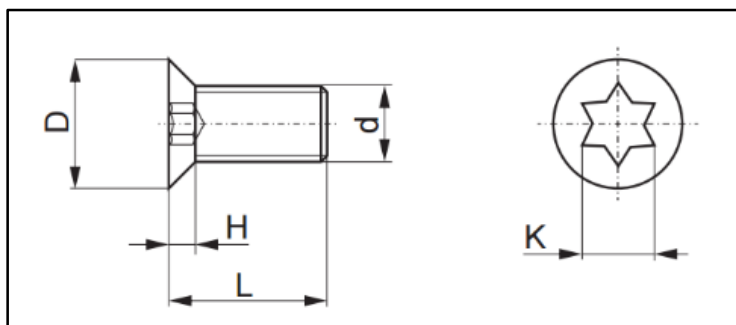
Obr. 39 Určení polohy VBD:  $\lambda$  – úhel sklonu ostří,  $\gamma$  – úhel čela.

### Volba upínacího šroubu

Vzhledem k charakteru zatížení je volen standartní šroub M6x1 s 90° kuželovou hlavou. Výhodou šroubu s kuželovou hlavou je přenesení podstatné části tečné složky řezného odporu do axiálního směru upínacího šroubu (viz obr. 40).



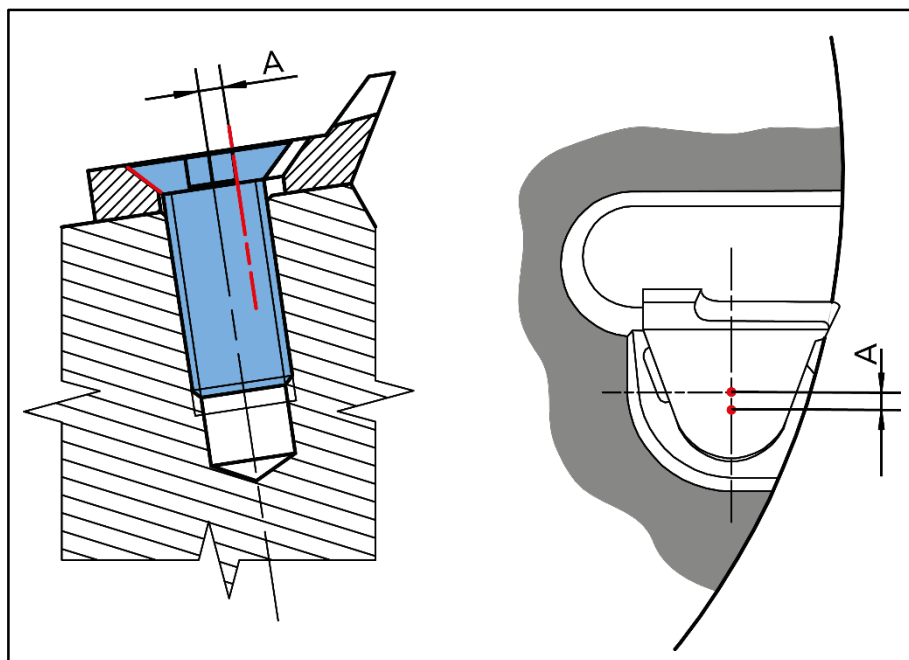
Obr. 40 Rozložení řezného odporu na upínací šroub:  $F_0$  – řezný odpor,  $F_1$  – složka řezného odporu působící v tečném směru,  $F_a$  – axiální síla ve šroubu,  $F_r$  – radiální síla ve šroubu,  $N$ ,  $T$  – reakční síly hlavy šroubu.



Obr. 41 Šroub se zápuštnou kuželovou hlavou [4]:  $D = 9,8$ ;  $H = 2,6$ ,  $L = 10$ ;  $d = M6x1$ ;  $K = TX20$ .

### Excentricita upínacího šroubu vůči VBD

Pro přesnější vymezení polohy VBD v lůžku nástroje je volena excentricita upínacího šroubu vůči díře VBD. Posunutím osy šroubu vzhledem k ose díry VBD se dosáhne, že kuželová hlava upínacího šroubu dosedne nejdříve ve směru k dosedacím plochám lůžka nástroje. Hodnota excentricity vychází z doporučených hodnot upínacích systémů pro nástroje k obrábění kovu publikovaných ve skriptech „Obráběcí nástroje“. Na základě těchto hodnot byla zvolena excentricita pro upínací šroub M6 0,05 mm (viz obr. 42) [12].

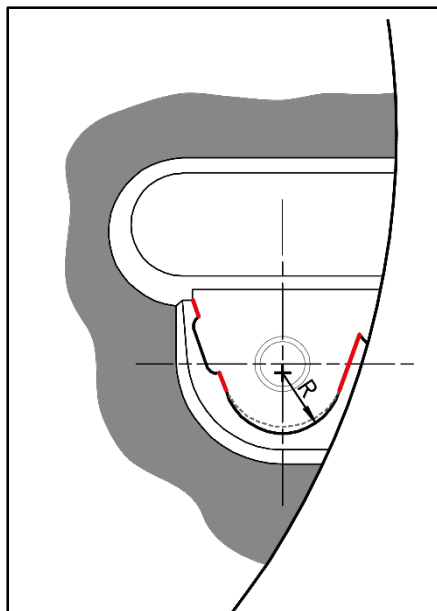


Obr. 42 Excentricita upínacího šroubu,  $A = 0,05$  mm.

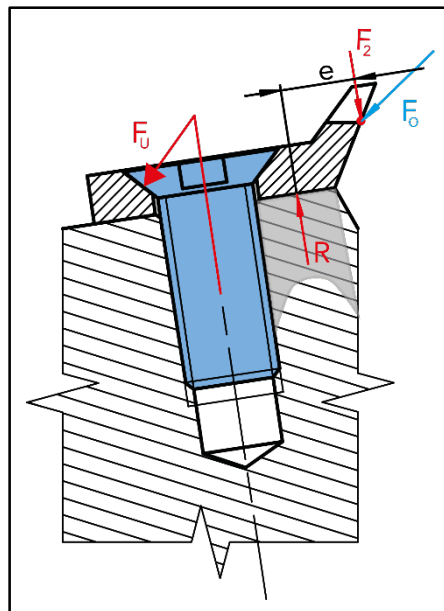
### Konstrukce opěrných a dosedacích ploch lůžka nástroje

Pro správné upnutí VBD v lůžku nástroje je nutné navrhnout opěrné plochy tak, aby zajistili stabilitu a jednoznačnost polohy VBD v lůžku nástroje i v okamžiku, kdy na destičku nepůsobí žádná síla. Proto je volen tvar opěrných ploch se třemi místy dotyku (viz obr. 43). Podpory jsou dále stanoveny s ohledem na předpokládaný směr působení řezných sil a zamezují nežádoucímu vytočení VBD [12].

Dosedací plocha VBD je namáhána tlakem a klopným momentem od složky řezného odporu kolmému k dosedací ploše. Tento klopný moment působí na rameni  $e$ , které je mezi složkou řezného odporu a silou k ní reakční (viz obr. 44). Cílem dosedací plochy je minimalizovat klopné rameno. Toho se docílí nejčastěji odlehčením dosedací plochy lůžka nástroje. V tomto případě dojde k odlehčení dosedací plochy dírou pro upínací šroub. Dalším důležitým faktorem dosedacích ploch je jejich rovinnost, která výrazně ovlivňuje velikost výsledného tlaku [12].



Obr. 43 Opěrné plochy břitové destičky (červeně)



Obr. 44 Rozložení kontaktních tlaků pod VBD:  $F_0$  – řezný odpor,  $F_2$  – normálová složka řezného odporu,  $e$  – rameno klopného momentu,  $R$  – reakce lůžka VBD,  $F_u$  – upínací síla.

### 3.4 Srovnání technologických postupů

Jedním z hlavních cílů nového upínacího systému je zjednodušení a zrychlení výroby falcovacích fréz. Pro účely srovnání stávajícího a nového upínacího systému je uvažována pouze část technologického postupu související s předřezávací VBD (viz tab. 5 a tab. 6).

Tab. 5 Stávající technologický postup [5].

Dílec	Pořadí	Pracoviště	Pracovní úkon
Tělo frézy	1	Dvousloupová pila	Upnutí tyčového materiálu
			Řezání polotovaru
			Kontrola
	2	CNC soustruh	Upnutí polotovaru
			Zarovnání čela
			Vrtání díry
			Vnější soustružení
			Vnitřní soustružení
			Otočení obrobku
			Zarovnání čela
	Kontrola		



Dílec	Pořadí	Pracoviště	Pracovní úkon
Tělo frézy	3	CNC frézka	Upnutí obrobku
			Frézování tvarových ploch: <ol style="list-style-type: none"> <li>frézování zubových mezer,</li> <li>frézování sedla pro VBD,</li> <li>frézování odlehčení a zámků.</li> </ol>
			Vrtání díry: <ol style="list-style-type: none"> <li>pro upínací šroub,</li> <li>pro čep.</li> </ol>
			Řezání závitů
			Odjehlení
			Kontrola
Upínací klín	1	CNC frézka	Upnutí polotovaru
			Frézování tvarových ploch <ol style="list-style-type: none"> <li>frézování základního tvaru,</li> <li>frézování dosedacích ploch a drážek.</li> </ol>
			Vrtání díry
			Řezání závitů
			Odjehlení
	Kontrola		
	2	Profilová bruska	Upnutí klínu
Broušení profilu			
Kontrola			
Profilovaná VBD	1	Drátová řezačka	Upnutí polotovaru
			Řezání profilu s přídkem 0,5 mm
			Kontrola
	2	CNC bruska	Upnutí VBD
			Broušení profilu
Kontrola			

Tab. 6 Nový technologický postup [5].

Dílec	Pořadí	Pracoviště	Pracovní úkon
Tělo frézy	1	Dvoulouповá pila	Upnutí tyčového materiálu
			Řezání polotovaru
			Kontrola
	2	CNC soustruh	Upnutí polotovaru
			Zarovnání čela
			Vrtání díry
			Vnější soustružení
			Vnitřní soustružení
			Otočení obrobku
			Zarovnání čela
	Kontrola		
	3	CNC frézka	Upnutí obrobku
			Frézování tvarových ploch: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. frézování lůžka VBD s utvařčem třísky.</li> <li>2. frézování odlehčení a zámků</li> </ol>
			Vrtání díry: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. pro upínací šroub.</li> </ol>
			Řezání závitů
Odjehlení			
Kontrola			
Předřezávací VBD ze slinutých karbidů	1	CNC bruska	Upnutí polotovaru VBD
			Broušení profilu VBD
			Kontrola

### Závěr kapitoly

S technologických postupů vyplývá, že nový upínací systém významně redukuje potřebné výrobní úkony a tím snižuje nejen výrobní čas, ale i cenu falcovací frézy. Při broušení nové VBD bude výroba probíhat v sériích po 50 až 100 ks pro jednotlivé hloubky falců. Takto připravená VBD bude následně uskladněna na skladě firmy.

## ZÁVĚR

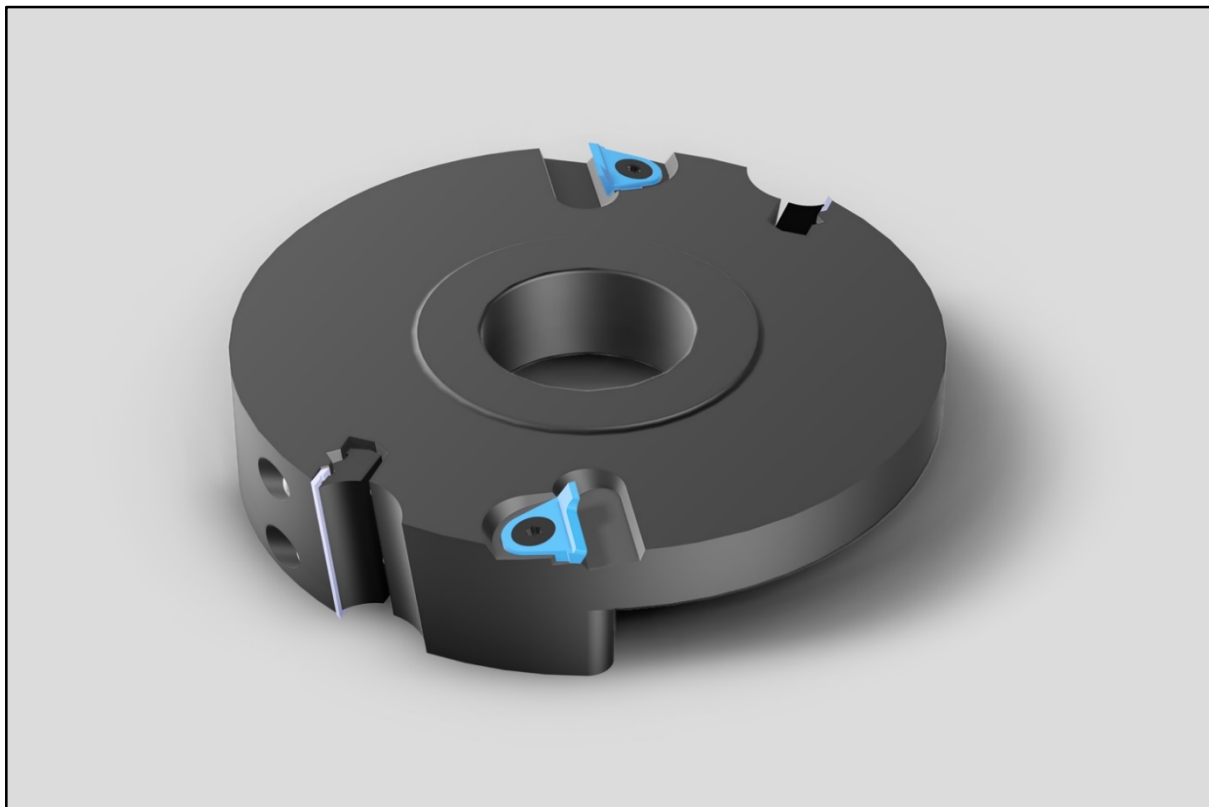
Nově navržený upínací systém byl zpracován do konečné fáze příprav a je připraven na realizaci. V srpnu 2017 budou vytvořeny zkušební vzorky VBD, které budou testovány. Na základě těchto testů bude zhodnocena přesnost upínání VBD. Pro zavedení VBD do výroby bude dále nutné vytvoření speciálního přípravku, ve které se destička bude brousit.

### Výhody nově navrženého upínacího systému:

- úspora místa na těle nástroje,
- rychlejší a bezpečnější manipulace při upínání VBD,
- jednodušší a rychlejší výroba nástroje,
- nižší hmotnost upínacího systému,
- nižší výrobní náklady,
- lepší aerodynamické vlastnosti nástroje.

### Nevýhody nově navrženého upínacího systému:

- vysoká zaváděcí cena (vysoká cena formy pro VBD ze slinutých karbidů).



Obr. 45 Falcovací fréza s novým upínacím systémem předřezávací VBD.

---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. EN 847-1:1998 zavedena v ČSN EN 847-1:1998 (49 6122) *Nástroje na strojní obrábění dřeva – Bezpečnostní požadavky – Část 1: Frézovací nástroje a pilové kotouče.*
2. EN 847-2:2002 zavedena v ČSN EN 847-2:2002 (49 6122) *Nástroje na strojní obrábění dřeva – Bezpečnostní požadavky – Část 2: Požadavky na stopkové frézovací nástroje.*
3. *KATALOG firmy LEITZ* [online]. Oberkochen: Leitz GmbH & Co. KG, 2011. 852 s. [cit. 2017-03-07].  
Dostupné z: <http://www.leitztooling.com/downloads/leitz-lexicon-v6.pdf>
4. *KATALOG firmy VYDONA* [online]. Pravčice: Vydona, s.r.o., 2016. 144 s. [cit. 2017-02-11].  
Dostupné z: [http://www.vydona.cz/VYDONA\\_katalog\\_edice\\_V.pdf](http://www.vydona.cz/VYDONA_katalog_edice_V.pdf)
5. Interní firemní materiály. Pravčice: Vydona, s.r.o., 2017.
6. *OPERATING INSTRUCTION MANUAL – Spur Knife System* [online]. Werkzeuge: Oertli, 2016. 13 s. [cit. 2017-02-20].  
Dostupné z: <https://www.oertli.ch/sites/default/files/instructions/en8003.pdf>
7. *OPERATING INSTRUCTION MANUAL – Profi-Vit Universal Tool with Chip Limitor* [online]. Werkzeuge: Oertli, 2016. 13 s. [cit. 2017-02-20].  
Dostupné z: <https://www.oertli.ch/sites/default/files/instructions/en2002.pdf>
8. *OPERATING INSTRUCTION MANUAL – Profi-Vit Universal Tool without Chip Limitor* [online]. Werkzeuge: Oertli, 2016. 17 s. [cit. 2017-02-20].  
Dostupné z: <https://www.oertli.ch/sites/default/files/instructions/en2001.pdf>
9. *KATALOG firmy KANEFUSA* [online]. Nagoya: Kanefusa, 2016. 162 s. [cit. 2017-02-25]. Dostupné z:  
<http://www.kanefusa.net/en/products/downloads/item/11.Wood%20Working%28EN%29.pdf>
10. HOLOPÍREK, J. *Teorie řezných odporů při obrábění dřeva*. Vydání první, Brno 2000, 61 s. UNOB, katedra ženiálních a stavebních strojů.
11. HOLOPÍREK, J. *Teorie obrábění dřeva (návody do cvičení)*. Vydání první, Brno 2001, 52 s. skripta MZLU. ISBN 80-7157-503-8.
12. KVASNIČKA, I., SLAVÍK, V., ŠTAJNOCHR, L. *Obráběcí nástroje*. Vydání první. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998. 98 s. ISBN 80-01-01755-9.
13. KOČMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.

14. *Vybavení CNC obráběcích center dřevoobráběcími nástroji*. MM Průmyslové spektrum. Industria Press: MM publishing, 2003, (10), 36. DOI: 031026.
15. COSTES, Jean-Philippe a Pierre LARRICQ. *Towards high cutting speed in wood milling*. *Annals of Forest Science* [online]. 0212n. l., 59(8), 857-865 [cit. 2017-04-11]. DOI: 10.1051/forest:2002084. ISSN 1286-4560.
16. PALMQVIST, J. *Parallel and normal cutting forces in peripheral milling of wood*. *Holz als Roh- und Werkstoff*[online]. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 0312n. l., 61(6), 409-415 [cit. 2017-04-14]. DOI: 10.1007/s00107-003-0427-0. ISSN 0018-3768.
17. FRYDRÝŠEK, Karel, Ivan MRKVICA a Vojtěch BAJTEK. *Pevnostní analýza falcovací závrtné dia frézy*. VŠB-TU Ostrava, 2014.
18. *KATALOG firmy Ceratizit* [online]. Route de Holzem: Ceratizit s.a., 2016. 24 s. [cit.2017-04-11].  
Dostupné z:  
[http://www.ceratizit.com/uploads/tx\\_extproduct/files/GD\\_KT\\_PRO-05920415\\_SEN\\_ABS\\_V1.pdf](http://www.ceratizit.com/uploads/tx_extproduct/files/GD_KT_PRO-05920415_SEN_ABS_V1.pdf)

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
VBD	[-]	Výměnná břitová destička
WPC	[-]	Wood-plastic composite
ABS	[-]	Acrylonitrile butadiene styrene
HRC	[-]	Zkouška tvrdosti podle Rockwella
HV	[-]	Zkouška tvrdosti podle Vickerse
F	[N]	Řezná síla
$F_{CN}$	[N]	Normálová složka řezné síly
$F_C$	[N]	Tečná složka normálové síly
$F_{CELKOVÁ}$	[N]	Celková řezná síle se započtením opravných koeficientů
$F_d$	[N]	Dostředivá síla
$v$	$[m \cdot s^{-1}]$	Řezná rychlost
$u$	$[m \cdot s^{-1}]$	Rychlost posuvu obrobku
$w$	[%]	Relativní vlhkost obráběného materiálu
$n$	$[min^{-1}]$	Otáčky nástroje
$E$	[mm]	Výška odfrézovávané vrstvy
$B$	[mm]	Šířka falcu
$D$	[mm]	Průměr frézovacího nástroje
$z$	[ks]	Počet VBD
$T$	[min]	Doba řezání
$k_d$	[-]	Opravný koeficient dřeviny
$k_v$	[-]	Opravný koeficient řezné rychlosti
$k_h$	[-]	Opravný koeficient vlivu hloubky třísky
$k_w$	[-]	Koeficient vlhkosti
$k_p$	[-]	Koeficient otupení
$q_1$	[-]	Rázový součinitel
$q_2$	[-]	Součinitel bezpečnosti
$\rho$	$[kg \cdot m^{-3}]$	Hustota
$e$	[mm]	Rameno klopného momentu
SP	[-]	Legovaná nástrojová ocel
HL	[-]	Vysoce legované nástrojové oceli
HS	[-]	Rychlořezná ocel
ST	[-]	Stelity
HW	[-]	Slinuté karbidy
DP	[-]	Polykrystalický diamant
$\alpha$	[°]	Úhel hřbetu
$\beta$	[°]	Úhel břitu
$\gamma$	[°]	Úhel čela
$\delta$	[°]	Úhel bočního podbrusu
$\varepsilon$	[°]	Úhel zkosení
$\lambda$	[°]	Úhel sklonu ostří (axiální úhel)

---

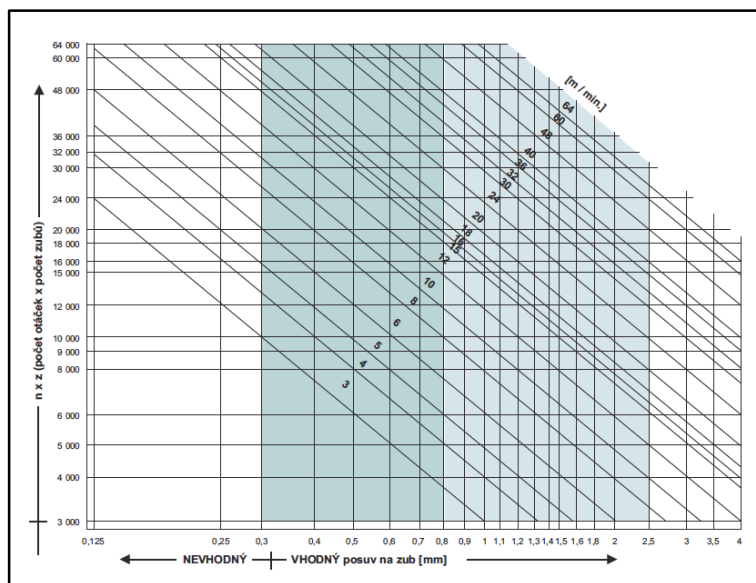
**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1 Graf posuvné rychlosti obrobku a optimální řezné rychlosti.
- Příloha 2 Tabulka měrného odporu borovice a opravného koeficientu  $k_d$ .
- Příloha 3 Tabulky opravných koeficientů  $k_v$ ,  $k_w$ ,  $k_p$ ,  $k_h$ .
- Příloha 4 Katalogový list Leitz WhisperCut
- Příloha 5 VÝKRES – Polotovar VBD
- Příloha 6 VÝKRES – VBD
- Příloha 7 VÝKRES – Tělo frézy
- Příloha 8 VÝKRES – Sestava falcovací frézy
- Příloha 9 VÝKRES – Kusovník
- Příloha 10 VÝKRES – VBD v normálové rovině

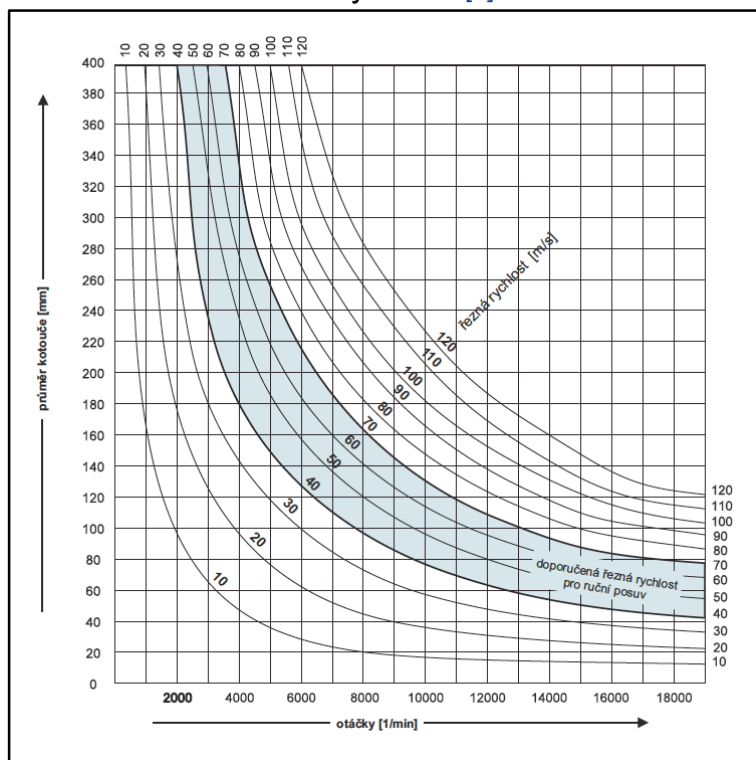




Graf 1 Závislosti řezné rychlosti a počtu zubů frézy na posuvné rychlosti obrobku [4].



Graf 2 Závislosti průměru frézovacího kotouče na otáčkách pro určení doporučené řezné rychlosti [4].



Tab. 1 [10].

Jednotkový měrný řezný odpor  $K^1_{\varphi_2 \delta}$  [Nmm<sup>-2</sup>]

 $\varphi_1=90^\circ$ $\varphi_2=0^\circ$ $\varphi_3=0^\circ$		Hodnoty $K^1_{\varphi_2 \delta}$ [Nmm <sup>-2</sup> ] BOROVICE Model řezání: podélně - čelní									⊥ $\varphi_1=90^\circ$ $\varphi_2=90^\circ$ $\varphi_3=90^\circ$
		Úhel řezu $\delta$ [°]									
Úhel $\varphi_2$ [°]	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
0	5,0	6,5	8,5	10,5	13,0	16,5	18,5	22,0	26,0	30,0	
5	5,5	7,0	8,5	11,5	13,5	17,0	19,5	23,0	27,0	31,0	
10	6,2	8,0	10,0	12,5	15,0	18,2	21,5	24,5	28,5	32,5	
15	7,0	9,0	11,5	13,5	16,2	19,5	22,5	26,0	30,0	34,0	
20	8,0	10,0	12,5	15,0	17,5	21,0	24,0	28,0	31,5	36,0	
25	9,0	11,5	13,5	16,0	19,0	22,5	26,0	30,0	33,0	38,0	
30	10,5	12,5	15,0	17,5	21,0	24,0	28,0	31,5	36,0	40,0	
35	11,5	13,5	16,0	19,0	22,0	26,0	29,5	33,0	37,5	41,5	
40	12,0	14,0	17,5	20,0	23,5	28,5	31,0	35,0	39,0	43,0	
45	13,0	15,8	18,0	21,5	24,5	30,0	32,5	36,5	40,8	45,0	
50	14,0	16,5	19,5	22,5	26,0	31,5	33,5	38,0	42,0	46,5	
55	14,5	17,0	20,8	23,5	27,0	32,5	35,0	39,0	43,5	48,0	
60	15,5	18,0	21,2	24,5	28,0	33,5	36,2	41,0	44,5	49,0	
65	16,0	19,0	22,0	25,5	29,0	34,2	37,5	42,0	46,0	50,0	
70	16,2	19,5	22,5	26,5	30,0	34,2	38,5	42,5	46,5	51,0	
75	16,5	20,0	23,0	26,8	30,5	35,0	38,8	43,5	47,5	52,0	
80	17,0	20,5	23,5	27,0	31,0	35,5	39,6	44,0	45,0	52,5	
90	17,5	21,0	24,0	28,0	32,0	36,0	40,0	44,5	48,5	53,0	

Tab. 2 [10].

Opravný součinitel vlivu dřeviny  $k_a$  literatura [ 7 ]

Dřevina	$k_a$	Dřevina	$k_d$
Borovice	1,00	Modřín	1,10
Lípa	0,80	Bříza	1,25
Smrk	0,90	Buk	1,40
Osika	0,95	Dub	1,55
Jedle	0,95	Habr	1,60
Olše	1,05	Jasan	1,75

Tab. 3 [10].

**Opravný součinitel vlivu řezné rychlosti  $k_v$**  (podle Afanasieva)

$v$ [ms. <sup>-1</sup> ]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$k_v$	1,00	1,02	1,04	1,07	1,10	1,15	1,20	1,25	1,35	1,40	1,45	1,50

Tab. 4 [10].

**Opravný součinitel vlivu tloušťky třísky  $k_h$**  (podle Manžose)

Dřevina	Tloušťka třísky $h$ [mm]													
	1,00	0,70	0,50	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
Hodnoty opravného součinitele $k_h$														
měkká	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,7	1,9	2,2	2,6	2,9	3,1	3,3	3,6	4,2
tvrdá	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,7	2,0	2,5	3,0	3,5	3,9	4,4	5,1	7,0

Tab. 5 [10].

**Opravný součinitel vlivu vlhkosti  $k_w$**

Vlhkostní stav dřeva	vlhkost $w$ [%]	Součinitel $k_w$	
		volné řezání	řezání ve spáře
Velmi suché dřevo	5 - 8	1,10	0,90
Suché	10-15	1,00	1,00
Na vzduchu vyschnuté	20-30	0,95	1,05
Čerstvě poražené	50-70	0,90	1,10
Plavené	nad 70	0,80	1,12

Tab. 6 [10].

**Opravný součinitel vlivu otupení  $k_p$**  (podle Ľubčenla)

Čas řezání $T$ [h <sup>-1</sup> ]	Součinitel $k_p$							
	Řezání				Frézování	Soustruže ní a vrtání	Dlabání řetězovou dlabačkou	
	rámov á pila	pásová pila	kotoučová - podélně	kotoučová - příčně			při osovém posuvu	při bočním posuvu
0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1,17	1,20	1,20	1,10	1,20	1,20	1,24	1,30
2	1,32	1,40	1,50	1,15	1,30	1,30	1,40	1,50
3	1,42	1,60	1,80	1,20	1,42	1,35	1,55	1,73
4	1,50	1,80	2,20	1,30	1,50	1,40	1,65	1,88
5	-	2,00	2,50	1,40	1,57	1,45	1,78	2,00
6	-	2,20	2,80	1,50	1,60	1,50	1,86	2,10



2. Panel processing

2.1 Edge processing

2.1.2 Jointing cutter



WhisperCut jointing/milling cutter - cutterhead design

Application:

For tear free and low noise jointing of workpiece edges side with feed and against feed (ump cutting).

Machine:

Edge processing machines, copy shaping machines, double end tenoners etc.

Workpiece material:

Particle and fibre materials (MDF etc.) uncoated, veneered, plastic and paper coated, fibre reinforced plastics (glass fibre reinforced, carbon fibre reinforced plastic etc.).

Technical information:

DP tipped cutterhead with alternate shear angle for tear free edges. Tool with knife arrangement S can be used left and right and produces hollow cut for tight closing edge banding. Low noise design with up to 5dB(A) noise reduction and efficient chip collection (>95%) by DFC. Significant weight reduction by aluminium tool body. Tool body can be used several times by replaceable knives. 0.6 mm resharpening area.



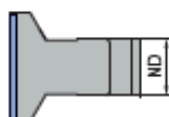
Diamaster WhisperCut - DFC, LowNoise, aluminium tool body

WM 230-2-01

Machine	D mm	SB mm	ND mm	BO mm	NAL	n <sub>max</sub> min <sup>-1</sup>	Z	Type	ID LL	ID RL
Biesse	80	43	53	30	DKN 4	17100	3x4	S	192086	192086
Biesse	80	65	53	30	DKN 4	17100	3x6	S	192087	192087
Biesse	100	43	75	30	DKN 4	15300	3x4	S	192088	192088
Biesse	100	65	75	30	DKN 4	15300	3x6	S	192089	192089
Brandt	100	85	85	30	DKN 3	15300	3x6	AS	090889	090890
Brandt	100	105	85	30	DKN 3	15300	3x10	AS	090891	090892
Brandt	100	43,6	40,6	30	DKN 3	15300	3x4	AS	090885	090886
Brandt	100	65,2	40,6	30	DKN 3	15300	3x6	AS	090887	090888
Cehisa	100	54	25	20	DKN 2	15300	2x5	AS	192078	192079
Hebrock, EBM	100	43	61	30	DKN 4	15300	2x4	AS	192080	192081
Homag, Biesse	125	43	40	30	DKN 2	13700	3x4	S	075627	075627
Homag, Biesse	125	65	40	30	DKN 2	13700	3x6	S	075626	075626
IMA	100	32	36	30	DKN 1	15300	3x4	AS	192090	192091
IMA	125	32	34	30	DKN 1	13700	3x4	AS	192092	192093
IMA	125	43	42	30	DKN 2	13700	3x5	AS	192094	192095
IMA	125	63	42	30	DKN 3	13700	3x7	AS	192096	192097
IMA Advantage	125	43	57	30	DKN 4	13700	3x5	AS	192098	192099
IMA Advantage	125	65	57	30	DKN 4	13700	3x7	AS	192100	192101
Ott	85	43	45	30	DKN 3	16600	3x4	AS	192076	192077
Stefani, Holz Her	100	43	25	30	DKN 2	15300	2x4	AS	192082	192083
Stefani, Holz Her	100	65	25	30	DKN 2	15300	2x6	AS	192084	192085
Stefani, IDM	100	43,6	40,6	30	DKN 3	15300	3x4	AS	090885	090886
Stefani, IDM	100	65,2	40,6	30	DKN 3	15300	3x6	AS	090887	090888



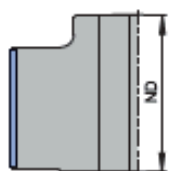
Position of boss (NAL) 1



Position of boss (NAL) 2



Position of boss (NAL) 3

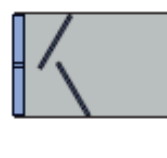


Position of boss (NAL) 4

Knife replacement only by Leitz service department.



Type AS = asymmetric tip arrangement



Type S = symmetric tip arrangement