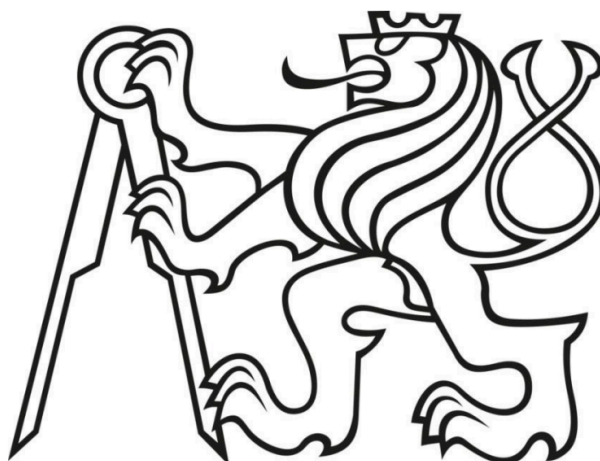


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ

**ÚSTAV TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ, PROJEKTOVÁNÍ A
METROLOGIE**



Bakalářská práce

Systém doporučení vhodných rezných nástrojů

Suitable Cutting Tools Recommendation System

Studijní program: Technický základ strojního inženýrství

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Lukáš Pelikán



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Štruplová** Jméno: **Petra** Osobní číslo: **473511**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Teoretický základ strojího inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Systém doporučování vhodných řezných nástrojů

Název bakalářské práce anglicky:

Suitable Cutting Tools Recommendation System

Pokyny pro vypracování:

1. Popis základních obráběcích operací.
2. Popis soustružnických nástrojů, jejich geometrie, materiály, konstrukce a vliv těchto parametrů na obrábění.
3. Návrh databáze pro výběr vhodného nástroje ke zvolené operaci.

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Lukáš Pelikán, ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31.07.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: _____


Ing. Lukáš Pelikán
podpis vedoucí(ho) práce


Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

23.6.2020

Datum převzetí zadání



Podpis studentky

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 22.7.2020



.....

Petra Štruplová

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Lukáši Pelikánovi za odbornou pomoc, cenné rady a připomínky k vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Davidu Kašparovi za návrh tématu bakalářské práce a cenné rady ohledně praktické části a také bych velice ráda poděkovala mému kamarádovi Lukáši Kasičovi za odbornou pomoc v rámci mé praktické části. V neposlední řadě také děkuji celé své rodině za velikou podporu po celou dobu studia.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na popis základních obráběcích operací, z nichž se nejvíce věnuje technologii soustružení. U dané technologie je dále rozebrán popis soustružnických nožů, jejich geometrie, konstrukce, materiály a vliv těchto parametrů na obrábění. Praktická část je zaměřena na zpracování doporučujícího systému, který na základě vložených parametrů doporučí vhodnou VBD s náležitou geometrií.

Klíčová slova

Obrábění, Soustružení, Nástrojová geometrie, Konstrukce nástroje, Typy soustružnických operací, Nástrojové materiály, Databáze

Abstract

This bachelor's thesis is aimed at describing basic machining operations, the majority of which is devoted to turning technology. Further, the technology, the description of turning knives, their geometry, construction, materials and the impact of these parameters on machining are also discussed. The practical part is aimed at processing a recommendation system that recommends appropriate VBD with appropriate geometry based on embedded parameters.

Key words

Machining, Turning, Tool geometry, Tool design, Turning operations, Tool materials, Database

OBSAH

ÚVOD	9
I Teoretická část	10
1 OBRÁBĚNÍ	11
1.1 Typy technologie	11
1.1.1 Soustružení	11
1.1.2 Frézování	15
1.1.3 Vrtání	16
1.1.4 Vyvrtávání	16
2 NÁSTROJOVÁ GEOMETRIE SOUSTRUŽNICKÝCH NOŽŮ	17
2.1 Úhly nože a jejich význam	18
3 KONSTRUKCE NÁSTROJE	21
3.1 Monolitní nástroj	21
3.2 Nástroje s výměnou břitovou destičkou	21
3.2.1 Značení VBD	22
3.2.2 Utvařec třísek u VBD	23
3.2.3 Typy upnutí VBD	24
4 TYPY SOUSTRUŽNICKÝCH OPERACÍ	26
5 NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY	29
5.1 Nástrojové oceli	29
5.1.1 Nástrojové oceli uhlíkové	30
5.1.2 Nástrojové oceli slitinové legované	30
5.1.3 Nástrojové oceli rychlořezné	30
5.2 Slinuté karbidy	31
5.2.1 Rozdělení dle ISO 513	31
5.2.2 Podskupiny	33
5.2.3 Povlakování	33
5.3 Cermety	33
5.4 Řezná keramika	34
5.5 Syntetické velmi tvrdé materiály	34
5.5.1 Technický diamant	34
5.5.2 Kubický nitrid bóru	35

II	PRAKTICKÁ ČÁST	36
6	DATABÁZE	37
6.1	Databázové diagramy	39
6.2	Použité parametry pro výběr VBD.....	46
6.3	Software.....	47
7	ZÁVĚR	48
8	CITACE	49
	SEZNAM OBRÁZKŮ	52
	PŘÍLOHY	55

Seznam použitých symbolů a zkratek

CNC	–	Computer Numeric Control (číslicové řízení počítačem)	
VBD	–	Vyměnitelná břitová destička	
ISO	–	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)	
RO	–	Rychlořezná ocel	
SK	–	Slinutý karbid	
NO	–	Nástrojová ocel	
ČSN	–	Československá státní norma	
HSS	–	High speed steel (rychlořezná ocel)	
PVD	–	Physical Vapour Deposition (Fyzikální depozice z plynné fáze)	
CVD	–	Chemical Vapor Deposition (Chemická depozice z plynné fáze)	
KNB	–	Kubický nitrid boru	
F	–	Hlavní řezná síla	[N]
F_c	–	Řezná síla	[N]
F_f	–	Posuvová síla	[N]
F_p	–	Pasivní síla	[N]
ρ_r	–	Nástrojová rovina základní	
ρ_p	–	Nástrojová rovina zadní	
ρ_o	–	Nástrojová rovina ortogonální	
ρ_f	–	Nástrojová rovina boční	
ρ_s	–	Nástrojová rovina ostří	
ρ_n	–	Nástrojová rovina normálová	
α	–	Úhel hřbetu	
β	–	Úhel břitu	
γ	–	Úhel čela	

- δ – Úhel řezu
- ε – Úhel špičky
- κ – Úhel nastavení
- κ' – Úhel nastavení vedlejšího ostří
- λ – Úhel sklonu ostří

ÚVOD

V případě, kdy si technolog není jist vhodným obráběcím nástrojem, v mnoha případech se obrátí na webové stránky, kde mu je doporučeno, jakou VBD a jaký držák má použít. Ve většině případů však narazí výhradně na stránky, které doporučují pouze své vlastní výrobky firmy. Právě z tohoto důvodu vznikla myšlenka na mou bakalářskou práci.

Hlavní záměrem celé praktické části bude vytvořit doporučovací systém, který na základě zvolených proměnných vyhodnotí příslušné parametry. Výsledkem pak budou vhodné VBD s požadovanou geometrií, které se nejvíce ke zvolené operaci hodí. Ve výsledku pak však už bude jen na uživateli, pro který konkrétního katalog výrobce se rozhodne.

Cílem mé bakalářské práce v teoretické části je přiblížit čtenáři základní pracovní operace, které budou základně popsány, avšak nejvíce bude práce zaměřena převážně na soustružení, souřadnicový systém soustružnického stroje a představení jednotlivých typů stroje. Následně se budu věnovat geometrii soustružnických nožů, jejich konstrukci, materiálům a celkovým vlivem těchto parametrů na obráběcí proces.

V praktické části poté zohledním již zmíněné parametry a vytvořím doporučovací systém vhodných nástrojů, který na základě zvolených parametrů vygeneruje nejvhodnější výsledky VBD s požadovanými parametry. Představím zde základní strukturu, princip celého systému a použitý software.

Cílem je vytvořit základní doporučovací systém, který se plánuje v budoucnu rozšířit o další technologické operace a vstupní parametry, jako jsou např. řezné podmínky.

I Teoretická část

1 OBRÁBĚNÍ

Obrábění je výrobní termín zahrnující širokou škálu technologií a technik. Lze ho definovat, jako proces odstraňování materiálu z obrobku pomocí určených silových strojů, které jsou využívány k tvarování požadovaného polotovaru. Většina kovových součástí a dílu vyžaduje určitou formu obrábění během výrobního procesu. Ostatní materiály, jako jsou plasty, pryže a další, se také běžně vyrábějí pomocí uvedených obráběcích procesů [1].

1.1 Typy technologie

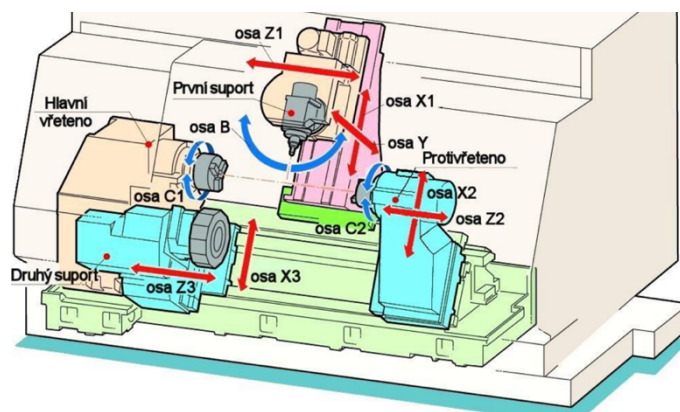
Technologických postupů, jak obrobit polotovar existuje celá řada a však v této práci budou zmíněny jen ty nejvíce rozšířené. Práce bude konkrétně zaměřena na technologii soustružení, ve které bude cíleno hlavně na téma o čem tato metoda pojednává a zmíněny budou i základní rozdělení v rámci kinematiky, strojů a řízení strojů.

1.1.1 Soustružení

Je forma obrábění, při kterém je třískově odebírán materiál vnější či vnitřní rotační plochy a čelních ploch. V této technologii je důležité znát tři hlavní pojmy, které jsou velmi blízce spjaty a jedná se tak o stroj, nástroj a obrobek. [2]

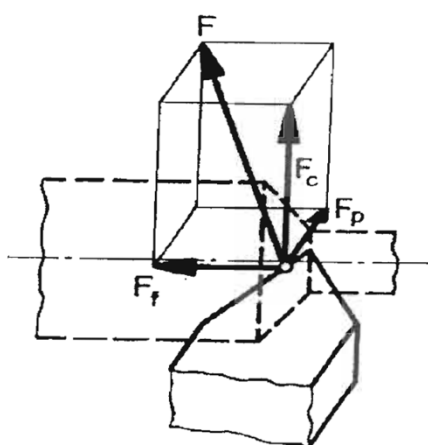
Obrobek je předpřipravený polotovar, který se zpravidla upevňuje do jedné z následujících možností: do sklíčidla, mezi hroty, na upínací desku nebo mezi soustružnické trny. Tento tzv. obrobek vykonává v soustavě hlavní rotační pohyb. Následně je tu nástroj vykonávající dva vedlejší pohyby, podélný a příčný posuv. [2]

Jedním z hlavních parametrů, který ovlivňuje kvalitu finálního produktu je souřadnicový systém stroje skládající se v základní soustavě z osy Z. Tato osa je souběžná s osou vřetene a s osou X, která je souběžná s čelní upínací plochou. Následně lze soustavu doplnit dalšími osami jako je např. osa C vyskytující se na vřetenu nebo otočném stole u vertikálních soustruhů. Pro obrábění složitých součástí lze přidat i více supportů, které jsou vybaveny jak dalšími osami X, Z, tak i osou B umožňující naklonění supportu a osou Y umožňující pohyb nástroje kolmo k ose Z a obrábění poháněného nástroje.



Obrázek 1 – Revolverový soustruh s přidavnými osami [3]

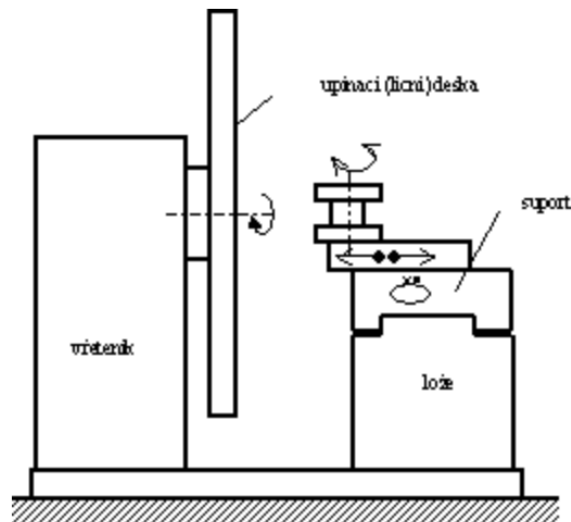
Jelikož se soustružení považuje za řezání vázané neboli řezání, kde se obrábí v osách x , y , z . Je možno také předpokládat, že ve všech třech směrech budou vznikat síly, které budou ovlivňovat jak kvalitu výroby, tak trvanlivost obráběcího nástroje. Výslednicí těchto sil je tzv. síla celková F skládající se z řezné síly F_c působící ve směru vektoru řezné rychlosti, síly posuvu F_f působící ve směru posuvu a ve směru největší tuhosti obráběcí soustavy. Její velikost je obvykle 40% velikosti řezné síly. Poslední působící silou je zde síla pasivní F_p působící kolmo na obrobenou plochu a ve směru nejmenší tuhosti obráběcí soustavy. Tato skutečnost výrazně ovlivňuje přesnost obrobené plochy a chvění při obrábění. Velikost síly je přibližně 25% řezné síly. Tyto parametry dále ovlivňují jak řezný příkon, tak například i měrnou řeznou sílu. [4]



Obrázek 2 – Síly při vázaném řezání [4]

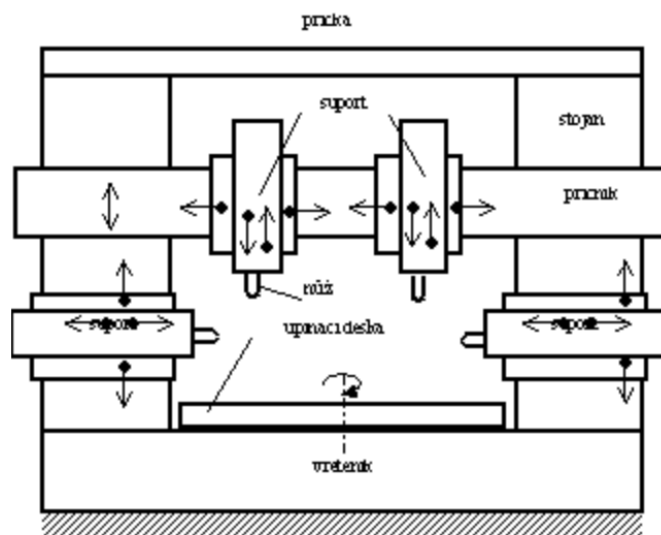
Typy strojů

Soustruhy lze nalézt v různých velikostech a provedeních. Zatímco většina soustruhů jsou využívány převážně čelně (lícně) a tím jsou myšleny hrotové soustruhy, na nichž se obrábí převážně obrobky hřídelového typu, [5]



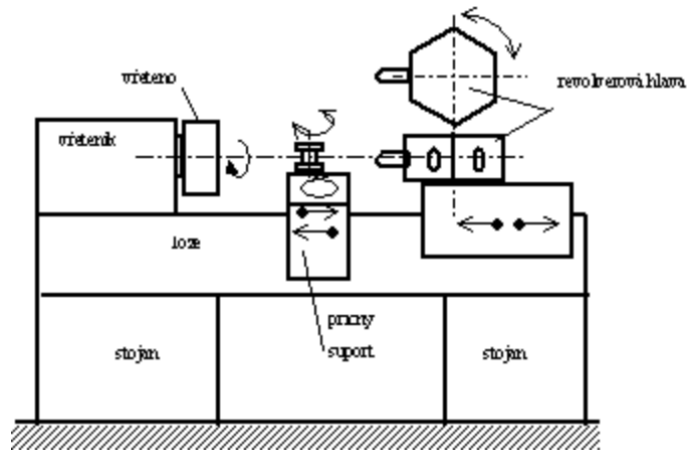
Obrázek 3 – Hrotový soustruh [5]

je zde i několik případů v svislém použití. Tím jsou uvažovány tzv. karuselové soustruhy neboli karusely. Tyto stroje jsou velmi často využívány pro jejich schopnosti obrábět větší a těžší obrobky a to způsobem, že polotovar je upnut na vodorovnou plochu lícni desky. [5]



Obrázek 4 – Karuselový soustruh [5]

Posledním typem je revolverový soustruh, který se převážně používá v sériové výrobě. Díky otočné revolverové hlavě je možné upnout několik řezných nástrojů najednou, což zkracuje dobu výroby, kdy by se jednotlivé nože musely postupně vyměnit a znovu upnout. Osa revolverové hlavy může být konstruována svisle, šikmě nebo také vodorovně. [5]



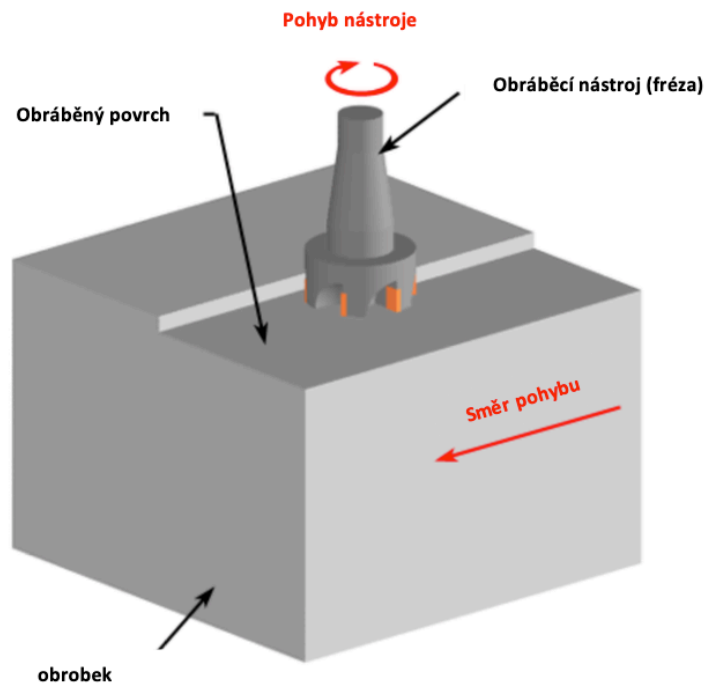
Obrázek 5 – Revolverový soustruh [5]

Další řazení je podle typu ovládání, které se nabízí. Ruční soustruh vyžaduje, aby obsluha při obrábění řídila pohyb řezného nástroje, zatímco CNC nevyžadují při procesu zásah lidské ruky. CNC soustruhy otáčejí obrobkem a posouvají řezací nástroj na základě příkazů, které jsou přeprogramovány prostřednictvím G-kódů¹ a nabízejí velmi vysokou přesnost. [2]

¹ G-kód – „Programovací jazyk obráběcího stroje, kterým se vykonávají pohybové a pomocné instrukce pro obráběcí stroj“. [6]

1.1.2 Frézování

Frézování je jedno z nejběžnějších forem obrábění při úpravě rovinných a tvarových ploch, drážek, závitů, ozubených kol apod. Obrobek je pevně připevněn ke stolu stroje a hlavní rotační pohyb vykonává vícebřítý nástroj. Vedlejší pohyb obrobku je přímočarý, eventuálně kruhový a obvykle kolmý na osu otáčení. Řezný pohyb je tedy cykloida. Jednotlivé břity jsou pouze určitou dobu otáčky v záběru. Břity, které právě neodebírají materiál z obrobku, jsou chlazeny. Lze obrábět čelem nástroje (obr. č. 6), obvodem či jejich kombinací. Tvar obrobené plochy dosáhneme buď tvarem nástroje nebo kombinovaným pohybem nástroje a obrobku. [7]

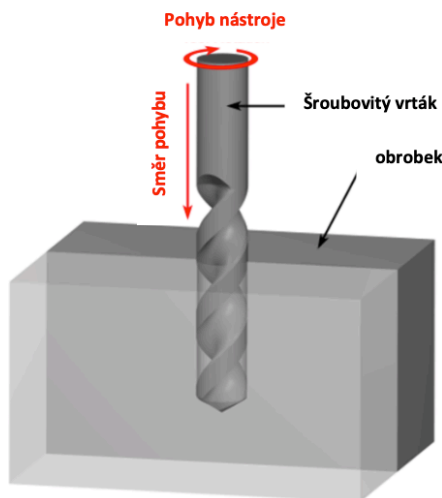


Obrázek 6 – Čelní obrábění [7]

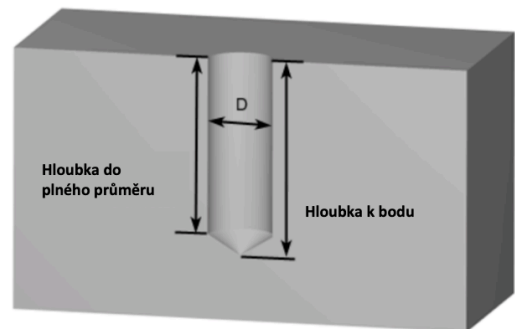
1.1.3 Vrtání

Třískové obrábění, které je určeno k vyrobení neprůchozí či průchozí díry určeného průměru v obrobku. Při vrtání se obvykle vytvoří slepý otvor, který sahá do určité hloubky uvnitř obrobku, do bodu vyrobeného nástrojem nebo skrz celý polotovar. Dle příslušného otvoru volíme vhodný vrták či frézu náležitého materiálu. Pro přesnost díry se musí provádět pravidelná kontrola nástroje na definované rozměry.

Vytváření děr lze provádět na různých strojích, včetně všeobecných obráběcích zařízení, jako jsou CNC frézky nebo CNC soustruhy. [8]



Obrázek 7 – Vrtání [8]



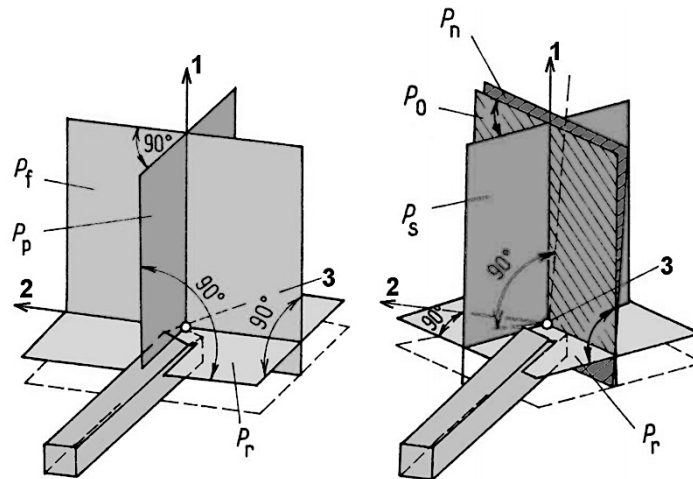
Obrázek 8 – Vrtací otvor [8]

1.1.4 Vyvrtávání

Tento proces je založen na vyvrtávání již předem připravené díry, která byla vytvořena jiným obráběcím procesem, jako je například vrtání. Princip obrábění spočívá na stejném principu jako je vrtání, kde hlavní pohyb vykonává řezný nástroj a vedlejší pohyb (posuv) vykonává připevněný obrobek na desce. [9]

2 NÁSTROJOVÁ GEOMETRIE SOUSTRUŽNICKÝCH NOŽŮ

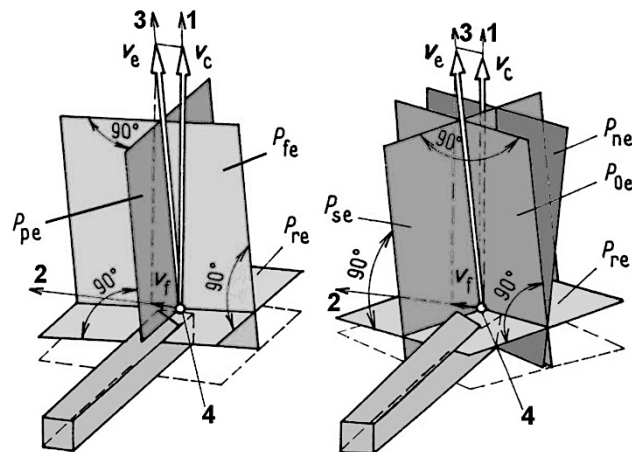
Pod konceptem nástrojová geometrie hraje největší roli pojem geometrie řezného klínu, což se rozumí vzájemné vztahy činných ploch nástroje při konstrukci, výrobě a ostření. Poloha činných ploch se může vztahovat k upínací části nástroje, v takovém případě se jedná o nástrojovou neboli statickou souřadnicovou soustavu [10,11]



Obrázek 9 – Nástrojová geometrie nástroje [10]

1 – předpokládaný směr vektoru hlavního řezného pohybu, 2 – směr posuvového pohybu, 3 – uvažovaný bod ostří

anebo k výslednici vektoru hlavního řezného pohybu a tím se označuje pracovní neboli kinematická souřadnicová soustava. Názvy a označení rovin jsou totožné až na jednu drobnou změnu, kde se do indexu přidá písmeno *e*. [10]

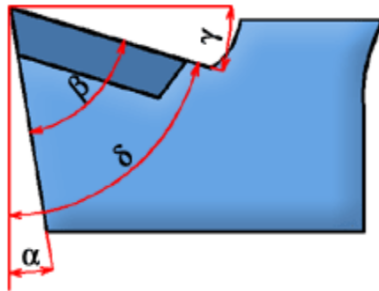


Obrázek 10 – Pracovní geometrie nástroje [10]

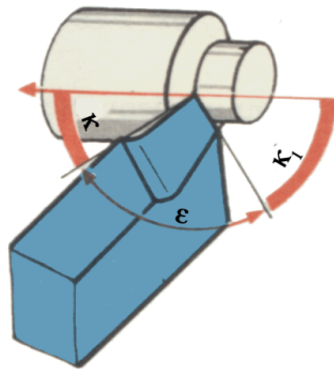
1 – předpokládaný směr vektoru hlavního řezného pohybu, 2 – směr posuvového pohybu, 3 – uvažovaný bod ostří, 4 – uvažovaný bod ostří

2.1 Úhly nože a jejich význam

Aby se dosáhlo co nejlepšího obrábění, je nutné, aby nástroj měl neporušené ostří, co nejhladší čelo, po kterém odchází tříška, hlavní hřbet a správnou geometrii. [12]



Obrázek 11 – Nástrojová geometrie řezného klínu [12]

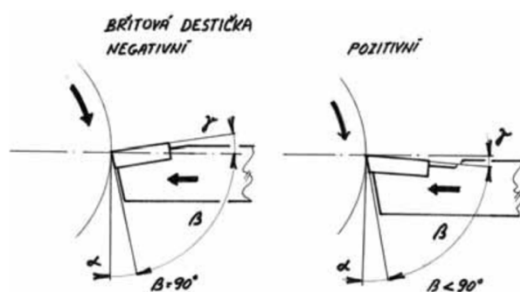


Obrázek 12 – Další úhly obráběcího nástroje [12]

Úhel hřbetu α – Jedná se o úhel mezi hlavním hřbetem nástroje a tečnou k hlavní ploše obrobku. Velikost úhlu má hlavní vliv na tření mezi nástrojem a obrobkem. Obecně platí, že čím větší je úhel hřbetu, tím menší je tření mezi obrobkem a nástrojem. Ve většině případů se úhel hřbetu pohybuje v rozmezí 6° až 10° . [12]

Úhel břitu β – Úhel svírá hlavní hřbet s čelem nástroje. Jeho velikost se pohybuje nejčastěji mezi 45° až 90° . Velikost úhlu má velký vliv na odpor, který vzniká při obrábění materiálu vůči nástroji. Nože s malým úhlem lépe vniká do materiálu a však pokud je úhel příliš malý, břit se stává méně pevným, více se zahřívá, brzy se otupí, a nakonec může dojít až k jeho ulomení. Z tohoto důvodu se menší úhly používají spíše u měkčích materiálů a větší úhly u materiálů tvrdších. [12]

Úhel čela γ – Úhel mezi čelní plochou nástroje a myšlenou kolmicí k obráběné ploše. Velikost čela má vliv na směr odvodu třísky a na odpor materiálu proti vnikajícímu nástroji. Obecně platí, že čím větší je úhel čela tím tříska snadněji odchází. Větší úhel však snižuje životnost břitu, a proto geometrii čela rozlišujeme na negativní a pozitivní. Negativní geometrii nám zajistí pevný nástroj a však zde vznikají vyšší řezné síly, větší odvod tepla a horší odvod třísek, proto ji využíváme převážně u nejpevnějších a nejtvrdších materiálů. Pozitivní geometrie přináší méně pevný nástroj s nižšími řeznými silami, nižším odvodem tepla, ale za to lepším odvodem třísek. Používá se u spíše u tvrdých, pevných, ale i málo měkkých materiálu, kde nejsou kladeny velké nároky na nástroj. [12, 13]



Obrázek 13 – Pozitivní a negativní geometrie čela [14]

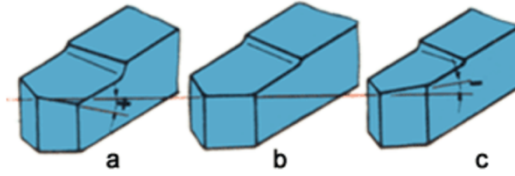
Úhel řezu δ – Úhel mezi čelem nástroje a tečnou k řezné ploše obrobku. Velikost toho úhlu se rovná součtu úhlů hlavního hřbetu a břitu nástroje. Obvykle jeho velikost bývá menší než 90° . [12]

Úhel špičky ϵ – Úhel mezi hlavním a vedlejším ostřím měřený v průměru do základní roviny. Obecně platí, že čím je úhel větší, tím méně se nůž opotřebovává. [12]

Úhel nastavení κ – Úhel mezi hlavním ostřím a směrem posuvu nože. [12]

Úhel nastavení vedlejšího ostří κ' – Úhel mezi vedlejším ostřím a směrem posuvu nože. Má vliv na tření vedlejšího hřbetu nástroje o obrobenou plochu obrobku. [12]

Úhel sklonu ostří λ – Úhel mezi hlavním ostřím a rovinou rovnoběžnou s potenciální plochou nože a procházející jeho špičkou. Úhel sklonu může být kladný (obr. 12a), nulový (obr. 12b), nebo záporný (obr. 12c). Má především vliv na směr odvodu třísky. [12]



Obrázek 14– úhel sklonu hlavního ostří [12]

3 KONSTRUKCE NÁSTROJE

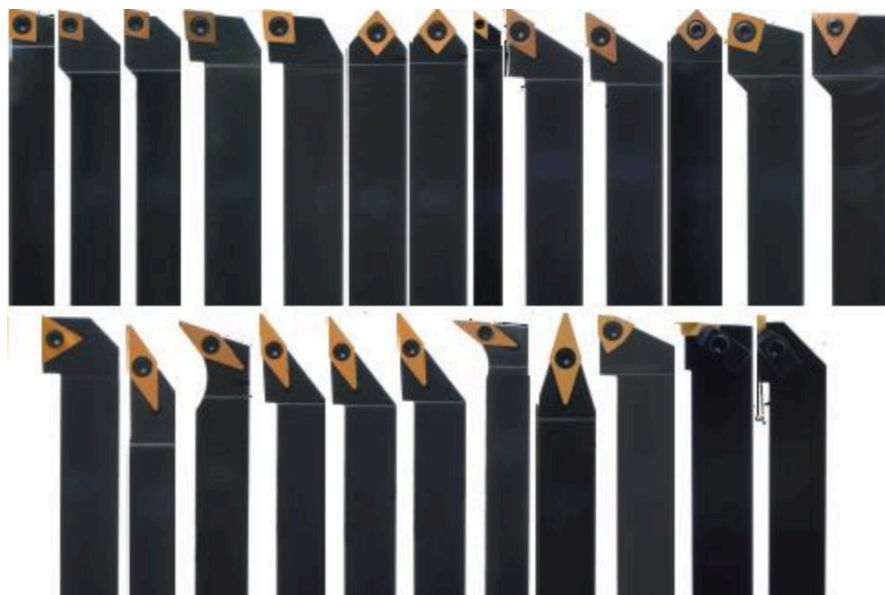
3.1 Monolitní nástroj

Monolitní nástroj se definuje jako jednolitý prostředek, který je určen k efektivnímu obrábění povrchu obrobku. Pro delší životnost je zde varianta povlakování břitové hlavice. Jelikož monolitu nelze tak jednoduše vyměnit břitové destičky, musí se nástroj brousit. Tento proces lze opakovat až do doby, kdy nástroj stále může poskytnout podmínky pro kvalitní a přesné obrábění.

V rámci dlouhodobé investice se v průmyslu monolity nahrazují za nástroje s výměnnými břitovými destičkami a však jsou zde i případy, kde monolitní nástroj nahradit nelze. Jedná se převážně o nástroje s malými průměry (vrtáky, výstružníky, výhrubníky či frézky) či velmi přesné obrábění (výroba ozubení, protahování, protlačování).

3.2 Nástroje s výměnou břitovou destičkou

Nástroje s vyměnitelnou břitovou destičkou dále už je nástroje s VBD se používají čím dál tím častěji. Disponují totiž mnoha výhodami, které jsou např. minimální manipulace nože při obrábění, snadná a rychlá výměna VBD, nenáročný úběr materiálu a menší míra opotřebení VBD pomocí utvařečů třísek nebo cenová dostupnost.



Obrázek 15 – Ukázka soustružnických nožů s různými typy VBD [15]

3.2.1 Značení VBD

VBD se značí dle mezinárodní normy ISO, díky které je možné kombinovat různé výrobce VBD s těly nástroje. [16]

C	N	M	G	12	4	8	N	GE
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Obrázek 16 – Značení VBD [16]

1. Tvar
2. Úhel hřbetu
3. Tolerance
4. Typ
5. Délka řezné hrany
6. Tloušťka
7. Úhel nastavení, úhel hřbetu/poloměr zaoblení špičky
8. Směr posuvu
9. Utvářeč třísky

Pozn.: obrázek 14 je příklad destičky s vrcholovým úhlem 80° s úhlem hřbetu 0° , otvorem a utvářečem třísek, délka hrany 12,7 mm, tloušťka stěny 4,76 mm, poloměr zaoblení špičky 0,8 mm, neutrální směr posuvu pro obecné obrábění s vystouplým utvářečem třísky. [16]

3.2.2 Utvařeč třísek u VBD

Jedná se o geometricky upravené oblasti na čele VBD, které jsou nejčastěji, vybrušované či předlisované. Slouží k tomu, aby usměrnily a lámaly třísky při soustružení materiálů tvořících dlouhou třísku. Dělí se např. podle typu operace (těžké hrubování, střední hrubování, na čisto), obráběného materiálu (oceli, nerezové oceli, obtížně obrobitelné materiály, měkké materiály atd..) či typu geometrie pozitivní destičky (pozitivní, negativní). [17]

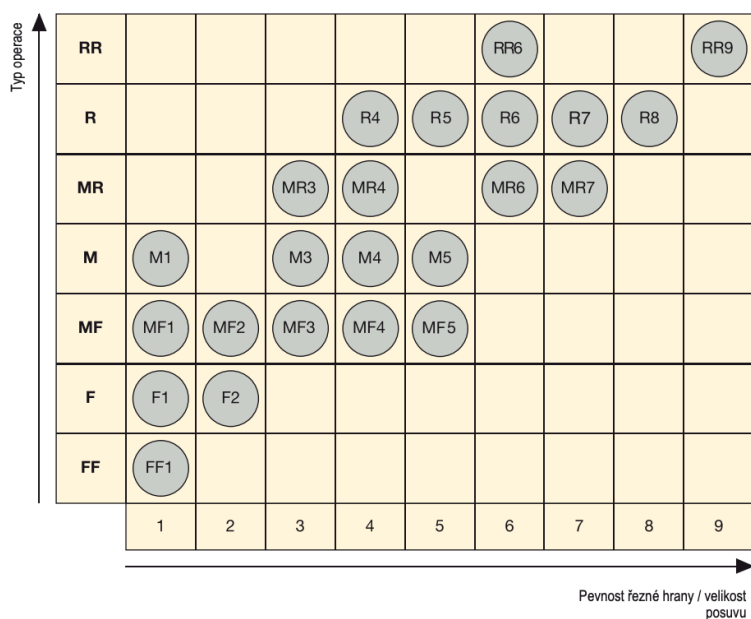
Označení utvařečů třísek je provedeno následujícím způsobem:

Písmeno

- F – obrábění na čisto
- M – Střední obrábění
- R – Hrubování

Číslice

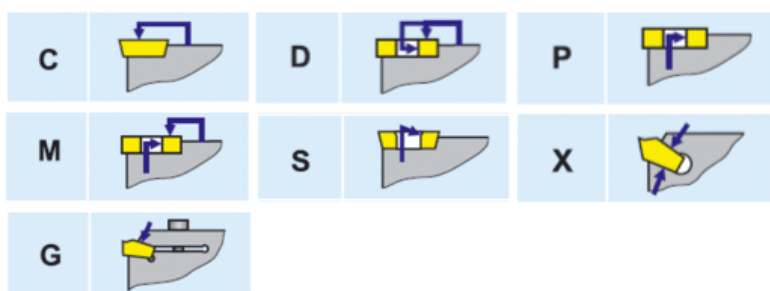
- 1 – nízké posuvy a snadná obrobitelnost
- 9 – vysoké posuvy a obtížná obrobitelnost [18]



Obrázek 17 – Diagram utvařečů třísek [18]

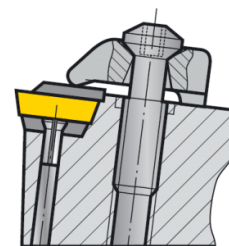
3.2.3 Typy upnutí VBD

Volbu upínacího systému určuje převážně druh operace a velikost obrobku. Je tedy zřejmé, že hrubování rozměrných obrobků a úplně jiné požadavky na upínání nežli obrábění malých obrobků načisto. Upínací systém musí však zejména zajistit dobrou opakovatelnou smontovatelnost, tedy správnou polohu špičky po výměně VBD. Další požadavky se liší podle druhu nástroje např. při zhotovování otvoru kladené nároky na malé rozměry či při zapichování nároky na úzké provedení. [19]



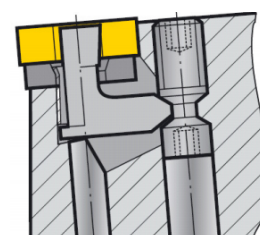
Obrázek 18 – Systém značení principů upnutí [19]

Systém C – Jedná se o nejstarší systém upínání VBD pro negativní i pozitivní destičky bez otvoru, které jsou zatlačovány do lůžka pomocí upínky z čelní strany. Destička není zatlačovaná pomocí upínacích sil k opěrným plochám, a proto závisí především na pečlivosti obsluhy, aby byla destička správně umístěna [19]



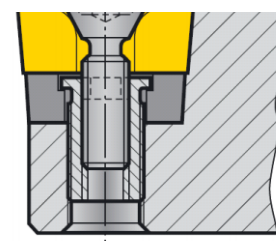
Obrázek 19 – systém C [19]

Systém P – Pro upínání negativních destiček s vřetovými průchozí dírou slouží právě systém P. Ze spodní části do otvoru zasahuje výkyvný prvek (u tohoto systému je to úhlová páka), který tlačí destičku k bočním opěrným bokům. Přední výhodou je přesné umístění destičky díky přítlačné síle k opěrným plochám. [19]



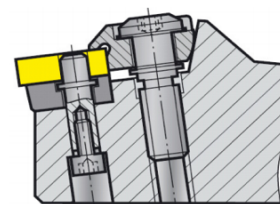
Obrázek 20 – Systém P [19]

Systém S – Systém S je poměrně nový a s jeho příchodem bylo potřeba zavést destičky nového typu, které jsou opatřeny průchozí dírou s kuželovým zahlabením. Destička je zajištěna šroubem s kuželovou hlavou, který je usazen mírně excentricky pro dosednutí destičky prvně k plochám lůžka, což zajistí působení přesných upínacích sil. [19]



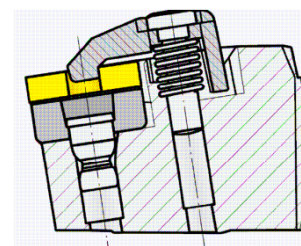
Obrázek 21 – Systém S [19]

Systém M – Systém využívá destičku s válcovou dírou, která je nasazena na nepohyblivý čep a následně k němu sevřena upínkou působící současně z boku a zároveň ze shora (síly upínky znázorněny na obr. č. 16). [19]



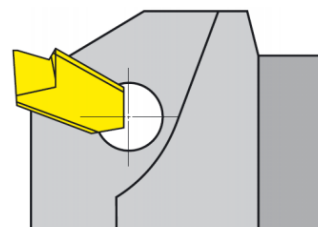
Obrázek 22 – Systém M [19]

Systém D – Zejména při přerušovaných řezech systém D vykazuje velmi dobrou rovnováhu. Destička je přitlačovaná najednou k spodní i boční ploše. Velikost upínky zhoršuje odchod třísky, což se jeví jako poměrná nevýhoda systému. [19]



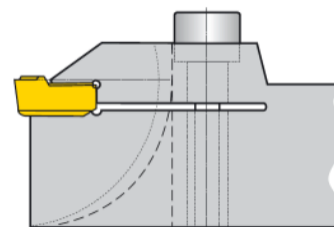
Obrázek 23 – Systém D [19]

Systém X – Systém představuje upnutí VBD bez přidavných upínacích prvků. Je určena k upínání útlých zapichovacích destiček, kde jsou kladeny velmi specifické podmínky na rozměry upínání. K upnutí se využívá síla vzniklá pružnou deformací klínové drážky, do které je následně zatlačena klínová břitová destička [19]



Obrázek 24 – Systém X [19]

Systém G – Daný systém je určen k upínání úzkých destiček pro upichování, soustružení zápichů a kopírovací soustružení. Plocha dotýkající se břitové destičky je navržena tak, aby se zamezilo vypadnutí břitové destičky působením postraních sil [19]

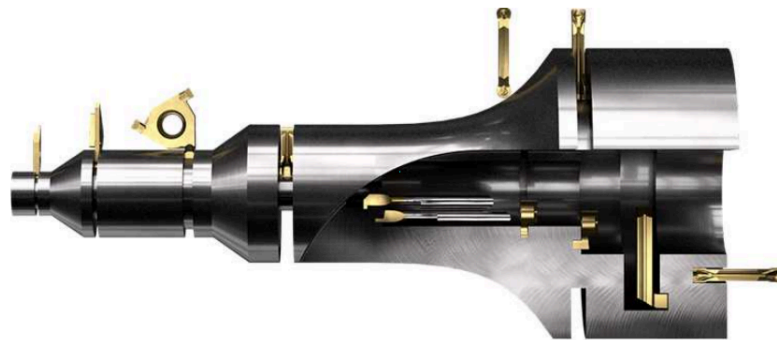


Obrázek 25 – Systém G [19]

4 TYPY SOUSTRUŽNICKÝCH OPERACÍ

V úzkém kruhu jsou spjaty pojmy soustružnický nástroj a soustružnická operace. Soustružnický nástroj je řezný nástroj, který je užíván při technologii soustružení známý pod pojmem jako soustružnický nůž. Kdežto soustružnická operace je úkon, který je vykonáván soustružnickým nožem. [20]

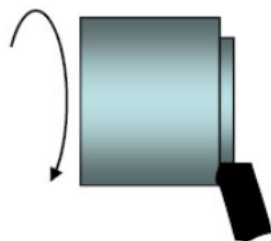
Pro jednotlivé soustružnické operace nelze použít vždy jen jeden typ nože, jelikož každý nůž má své určité specifikace a rozměry. Proto jednotlivé operace rozdělujeme do několika variant, kde jsou použité určité typy nožů. [20]



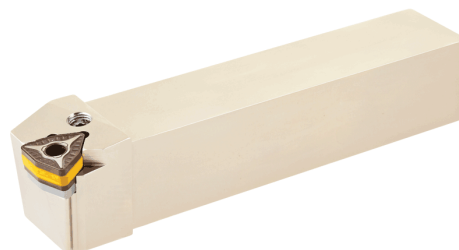
Obrázek 26 – Soustružnické operace [20]

Čelní soustružení

Při čelním soustružení je obráběná příčná rovinná plocha obrobku. Soustruží se především proto, aby obrobek dosáhl požadované délky, tvaru a také drsnosti. Využívá se při hrubovací a dokončovací operaci. Volba nože závisí zejména na tvaru a velikosti obráběné plochy. Nejčastěji se používá ohnutého ubíracího nože. Při menších plochách se používají stranové ubírací nože a pokud se jedná o velké čelní plochy s dírou, lze použít přímý ubírací nůž. [21]



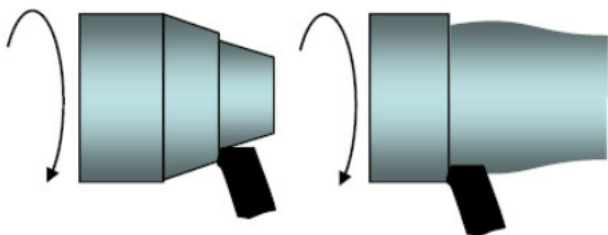
Obrázek 27 – Čelní soustružení [22]



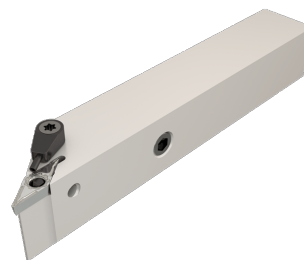
Obrázek 28 – Ohnutý ubírací nůž – pravý [25]

Vnější soustružení

Při vnějším soustružení dochází k obrábění vnějších ploch. Posuvným pohybem nástroje podél osy obrobku je odebírán materiál v podobě třísky, čímž dochází ke změně velikosti obrobku. Lze soustružit podélně či tvarově hrubovací nebo dokončovací operací. Jedná-li se o hrubovací operaci, je zpravidla lepší použít VBD, která má větší rádius špičky pro větší pevnost nástroje. [23]



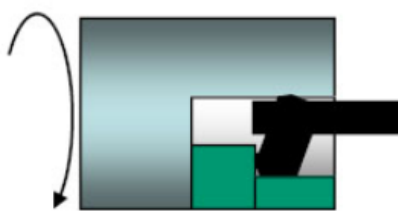
Obrázek 29 – Různé typy vnějšího soustružení [22]



Obrázek 30 – Tvarový nůž – pravý [25]

Vnitřní soustružení

Vnitřní soustružnické operace slouží k obrobení vnitřního průměru součásti. V této operaci nelze zvolit kdejaký soustružnický nůž, jelikož zde nastávají dva problémy, nad kterými je třeba se zamyslet před samotným obráběním. Jedním z nich je špatný odvod třísek a druhým problémem je vznik vibrací, což může vést až k lomu břitové destičky. Další podmínkou vzniká průměr obráběné součásti, který omezuje velikost soustružnického nože. Proto je třeba volit takový nástroj s VBD, který má v ohledu všechny výše zmíněné podmínky. [24]



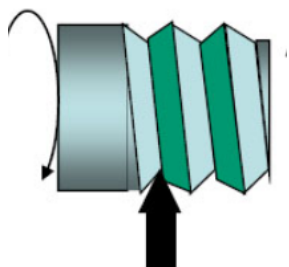
Obrázek 31 – Vnitřní soustružení [22]



Obrázek 32 – Vnitřní stranový nůž – pravý [25]

Soustružení závitu

Při výrobě závitu rozlišujeme závity na vnitřní a vnější. Závité nože mají stejný profil a vrcholový úhel jako soustružnický závit. K vytvoření je závitového profilu se užívá závitová břitová destička. [22]



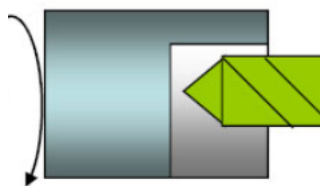
Obrázek 33 – Soustružení závitu [22]



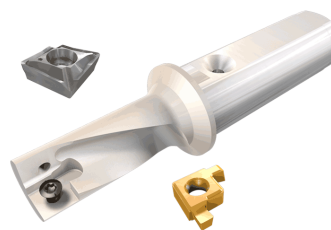
Obrázek 34 – Vnější a vnitřní závit [25]

Vrtání

Pro vyvrtání otvorů existuje velké množství umístění. Dají se vytvářet otvory v ose obrobku či mimo ose. Pro vytváření děr slouží vrták, který je upevněn v zásobníku nástrojů. Postupným pronikáním do obrobku se vytváří otvor, který je požadován. [22]



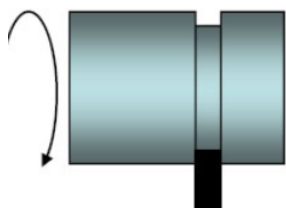
Obrázek 35 – Vrtání díry [22]



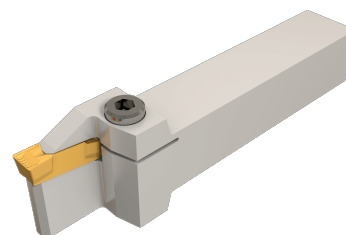
Obrázek 36 – Vrtací nůž [25]

Zapichování

Tato operace slouží k vytvoření příslušné drážky na obrobku, která je tvořena zapichovacím nožem. Nástroj koná příčný pohyb ve směru vektoru řezné rychlosti. V případě, že je šířka drážky větší než šířka nástroje, používá se tzv. vícenásobné zapichování. V opačném případě při úzkých drážkách se využívá metoda postupného zapichování. [22]



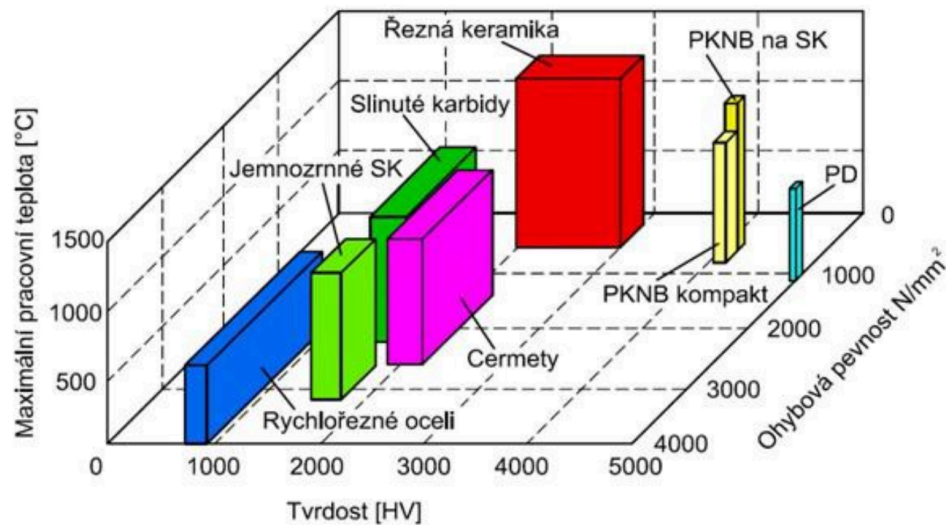
Obrázek 37 – Zapichování [22]



Obrázek 38 – Zapichovací nůž [25]

5 NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY

V průmyslu po celém světě se při výrobě používají rozdílné druhy materiálů a rozličné metody obrábění, k čemuž je třeba mít správný řezný nástroj, jehož břit má správné požadované vlastnosti. Nejvíce jsou však v průmyslu užívány nástroje ze slinutého karbidu (SK), které jsou schopny zastoupit převážnou většinu obráběcích operací.



Obrázek 39 – Vliv mech. vlastností nástrojového materiálu na pracovní podmínky [26]

5.1 Nástrojové oceli

Nástrojové oceli, dále jen NO jsou oceli třídy 19 dle normy ČSN 42 0002. Většina NO se vyznačují vysokou pevností, tvrdostí a odolností proti otěru, a proto nástroje vyrobené z NO jsou určeny převážně k ručnímu nebo strojnímu obrábění. Využívají se k výrobě monolitních nástrojů nebo k výrobě obráběcích nožů a fréz s vyměnitelnými VBD. [27]

5.1.1 Nástrojové oceli uhlíkové

Jedná-li se o ruční nářadí, je vhodnější použít prokalitelné oceli, které jsou více houževnatější. Řezné nástroje obsahují větší obsah uhlíku, asi okolo 0,7 a 1,4 %, než nástroje pro stříhání s obsahem uhlíku 0,5 až 1,2 %. [27]

„Nástrojové oceli vyhovují při menších nárocích na nástroj. Jejich nevýhodou je poměrně rychlý pokles tvrdosti vlivem popouštění při [27]

5.1.2 Nástrojové oceli slitinové legované

„Legované NO se volí pro více namáhané nástroje. Jsou legované zejména V, Cr, W, Mo, Si, Mn, Ni, hlavně jejich vhodnou kombinací.“ [27]

„Trvanlivost ostří řezných nástrojů na obrábění kovů zvyšuje přísada karbidotvorných prvků, zejména Cr, V a W. Legující prvky také usnadňují kalení a zabraňují vzniku trhlin. Výhodnější jsou oceli rychlořezné, které jsou dobře odolné proti popouštění teplem, vznikajícím při řezu. Nástroje pracující zatepla musí mít dostatečnou pevnost a tvrdost za pracovních teplot a časté změny teplot se nesmějí nepříznivě projevit na změnách vlastností a rozměrů.“ [27]

5.1.3 Nástrojové oceli rychlořezné

Jedním z materiálů pro výrobu monolitu je rychlořezná ocel neboli tzv. HSS, která však při vyšších otáčkách nad 60 ot/min a vyšší teplotě 600 °C ztrácí své vlastnosti. Pro dosažení lepších vlastností a zvýšení řezných podmínek lze přidat podpůrné prvky, které ovlivní vlastnosti nástroje. Velmi častými složkami jsou: wolfram (zvyšuje řezivost nástroje), chrom (zlepšuje kalitelnost) a kobalt (zvyšuje celkový výkon). [27]

5.2 Slinuté karbidy

Oblast využití slinutých karbidů je velmi rozšířená. Používají se jak v oblasti jemného obrábění, tak při těžkém hrubování téměř všech typů materiálů na všech typech strojích. [26]

5.2.1 Rozdělení dle ISO 513

Nepovlakované slinuté karbidy se dělí na šest skupin (P, M, K, N, S, H) dle mezinárodní normy ISO 513, která určuje použití tvrdých rezných materiálů pro obrábění. Každá skupina je označena barvou a písmenem. [26]

P	–	modrá barva
M	–	žlutá barva
K	–	červená barva
N	–	zelená barva
S	–	hnědá barva
H	–	tmavošedá barva

Skupina P – je určena pro obrábění materiálů tvořící dlouhou třísku, jako jsou uhlíkové, slitinové nebo feritické korozivzdorné oceli. Řezný proces je doprovázen velkými reznými silami a výrazným opotřebením na čele (výmol) a proto tato skupina obsahuje velké množství TiC a TaC, které zlepšují odolnost břitu na čele. Složka TiC zaručuje vyšší tvrdost a zlepšuje odolnost nástroje proti difuzi za vysokých teplot, která je jednou z hlavních důvodů vzniku výmolu na čele s odcházející třískou. Naopak nevýhodou této skupiny může být vyšší křehkost a nižší odolnost proti abrazi na rozdíl od WC. [26]

Podskupiny: P10, P15, P20, P25, P30, P40, P45, P50

Skupina M – Je určena pro obrábění materiálů tvořící dlouhou až střední třísku. Jedná se převážně o lité a austenitické oceli a tvářené litiny. Pro svojí relativně vysokou houževnatost se skupina M využívá pro těžké hrubovací operace a přerušované řezy. Řezné síly dosahují středních až vysokých hodnot, které způsobují vydrolování ostří. [26]

Podskupiny: M10, M15, M20, M25, M30, M35, M40

Skupina K – Je určen pro obrábění materiálů tvořící krátkou, drobivou třísku, jako jsou šedé litiny, nezelezné slitiny a nekovové materiály. Řezné síly jsou relativně malé, a proto zde převládá převážně abrazivní a adhezní opotřebení. Jedinou tvrdou strukturní složku tvoří CW, jehož tvrdost za pokojových teplot lze porovnat s ostatními karbidy. Ta však s narůstající teplotou klesá což znamená, že skupina K není vhodná pro materiály s dlouhou třískou, kde jsou teplotní nároky na nástroj daleko vyšší. [26]

Podskupiny: K01, K05, K10, K15, K20, K25

Skupina N – Je určena pro obrábění materiálů nezelezných slitin na bázi hliníku, hořčíku nebo mědi, plastů, kompozitů nebo dřeva [26]

Podskupiny: N01, N05, N10, N15, N20, N25, N30

Skupina S – Je určena pro obrábění materiálů slitin titanu a žárupevných slitin na bázi niklu, kobaltu nebo železa. [26]

Podskupiny: S01, S05, S10, S15, S20, S25, S30

Skupina H – Je určena pro obrábění materiálů zušlechtěných a kalených ocelí a tvrzených litin. [26]

Podskupiny: H01, H05, H10, H15, H20, H25, H30

5.2.2 Podskupiny

Každá výše zmíněná skupina má své podskupiny označeny dvojciferným číslováním, které udává poměr mezi tvrdostí a houževnatostí. Větší číslo zde znamená vyšší houževnatost a nižší tvrdost a menší číslo zde značí nižší houževnatost a vyšší tvrdost. [26]

5.2.3 Povlakování

Povlakování řezných nástrojů vzniklo za cílem dosáhnout vyšší trvanlivosti obráběcího nástroje. Princip povlakování spočívá v nanesení tenké vrstvy s velkou tvrdostí a vynikající odolností proti opotřebení na slinutý karbid typu P, M nebo K.

Způsoby povlakování se rozdělují do dvou skupin: PVD a CVD. Zatímco metoda PVD neboli fyzikální napařování je typická nízkými pracovními teplotami do 500 °C a je nejčastěji tvořena napařováním, naprašováním nebo iontovou implementací, metoda CVD neboli chemické napařování z plynné fáze probíhá za vysokých teplot okolo 1000 °C až 1200 °C. Tato metoda je hlavní metodou povlakování SK a může být provedena ve čtyřech podobách, a to tepelně indukovaná, plazmaticky aktivovaná, elektronově indukovaná (paprsek elektronů) a fotonově indukovaná (laserem). [26]

5.3 Cermety

Cermety jinak nazývané také jako slinuté karbonitridy, slinuté nitridy na bázi titanu nebo bezwolframové slinuté karbidy. Jelikož tvrdá fáze cermetů vytváří při obrábění velmi nízké drsnosti plochy při vysokých otáčkách díky vynikající rezistenci proti adhezi a nízké reakci s obráběcím materiálem, jsou cermety převážně využívány pro dokončovací obrábění. V podstatě všechny výchozí materiály pro výrobu slinutých karbidů jsou používány i pro výrobu cermetů: wolfram, titan, kobalt, chrom a vanad, tantal a niob. [26]

5.4 Řezná keramika

Materiál lze definovat jako převážně krystalický, jehož složkou jsou anorganické sloučeniny nekovového charakteru. Tato definice se netýká jen samotné keramiky, ale i nových keramických látek, jako je oxidová keramika, ferity, nitridy, karbidy a další. Obecně neexistuje žádné rozdělení jako je tomu například u slinutých karbidů. Všeobecně se se dělí na oxidovou a nitridovou keramiku. Keramické materiály se hodně často používají jako řezné materiály právě pro jejich výhodné vlastnosti např. vysoká tvrdost a odolnost proti plastické deformaci, odolnost proti mechanickému namáhání, odolnost proti opotřebení, chemickým vlivům, korozi a relativně nízká cena. [26]

5.5 Syntetické velmi tvrdé materiály

Pod obecný název velmi tvrdé materiály, lze zahrnout dva synteticky vyrobené materiály, a to diamant a kubický nitrid bóru. Vzhledem k jejich výborným vlastnostem je lze použít ve speciálních aplikacích za velmi vysokých řezných rychlostech. [26]

5.5.1 Technický diamant

Vzhledem k jeho nízké teplotní stálosti se technický diamant nesmí používat pro obrábění materiálů na bázi železa (oceli, litin), kde by mohlo dojít k nadměrnému ohřevu a výraznému přestupu hmoty mezi obráběcím nástrojem a obrobkem. Děj má poté za následek velmi rychlé opotřebení, zejména na čele nástroje. Diamant nachází své uplatnění především při obrábění měkčích materiálů, jako jsou například hliníkové slitiny, s vysokým obsahem křemíku, slitiny mědi (bronzy, mosazi), kompozity vyztužené různými druhy vláken, keramika, grafit a tvrdých přírodních materiálů (žula, mramor) atp. V tomto případě nevznikají takové tepelné nároky na nástroj a trvanlivost nástroje je delší. [26]

Použité obráběcí stroje musí dosahovat vysokých výkonů a dostatečné tuhosti s ohledem na vysoké úběry materiálu. Pro obrábění diamantovými nástroji je doporučeno chlazení běžnými procesními kapalinami, na které nejsou kladeny žádné speciální nároky. Jedinou podmínkou zde je, že kapalina musí být přiváděna do místa řezu pod vysokým tlakem z důvodu vysokých řezných rychlostí a tím i vysokých obráběcích teplot. [26]

5.5.2 Kubický nitrid bóru

KNB je druhý nejtvrdší materiál po diamantu. Vyniká vysokou pevností za tepla, s výbornou odolností proti opotřebení a chemickou stabilitou k železným kovům. Používá se především při soustružení a frézování obrobků na bázi železa, jako jsou kalená ocel, kalená litina, povrchově kalené obrobky, kovy na bázi kobaltu a železa, tvarované válce z perlitické litiny, žáruvzdorné slitiny a martenzitické korozivzdorné oceli. Nástroje s polykrystalického KNB zaručují vysokou kvalitu obrobeneho povrchu ($R_a = 0,3$ až $0,4 \mu\text{m}$) a proto stále častěji nahrazují operaci broušení. [26]

II PRAKTICKÁ ČÁST

6 DATABÁZE

V praxi jsem se už mnohokrát shledala s webovými stránkami, které navrhují vhodné VBD a následné držáky k různým technologickým operacím. Mluvím tu např. o vnitřním či vnějším soustružení, různých druzích frézování, či jiných technologických operacích. Je zřejmé, že konkrétní firma, která vlastní webové databáze, bude doporučovat pouze své vlastní produkty. Toto je právě důvod, proč vznikla mnou navržená databáze. Mým cílem je vytvořit databázi, která absolutně nemá nic společného s jakoukoliv výrobní značkou a bude doporučovat jen takové VBD, které se nejběžněji používají při dané operaci. Poté už to jen na uživateli, pro který katalog se rozhodne.

Pro doporučení VBD jsem se rozhodla vybrat 4 základní vstupní parametry, které se dále rozvětvují.

Hlavní vstupní parametry a jejich větvení jsou následující:

- **Druh operace**
 - Hrubování
 - Dokončování
 - Zapichování
- **Obráběný profil**
 - Podélný
 - Příčný
 - Tvarový
- **Obráběný materiál**
 - P – ocel
 - M – ocel
 - K – litiny
- **Požadavky na jakost povrchu**
 - Vysoký požadavek na kvalitu povrchu
 - Nízký požadavek na kvalitu povrchu

Je zřejmé, že u některých druhů operací nebude záviset na dalších parametrech. Pokud si uživatel vybere hrubování či zapichování, nebude ho moc zajímat kvalita povrchu či tvarový profil, a proto pokud bude vybrány tyto operace, budou již zmíněná pole neaktivní.

Podle vložených parametrů systém vyhodnotí výsledky, které jsou opět děleny na 2 základní parametry, které mají své větvení.

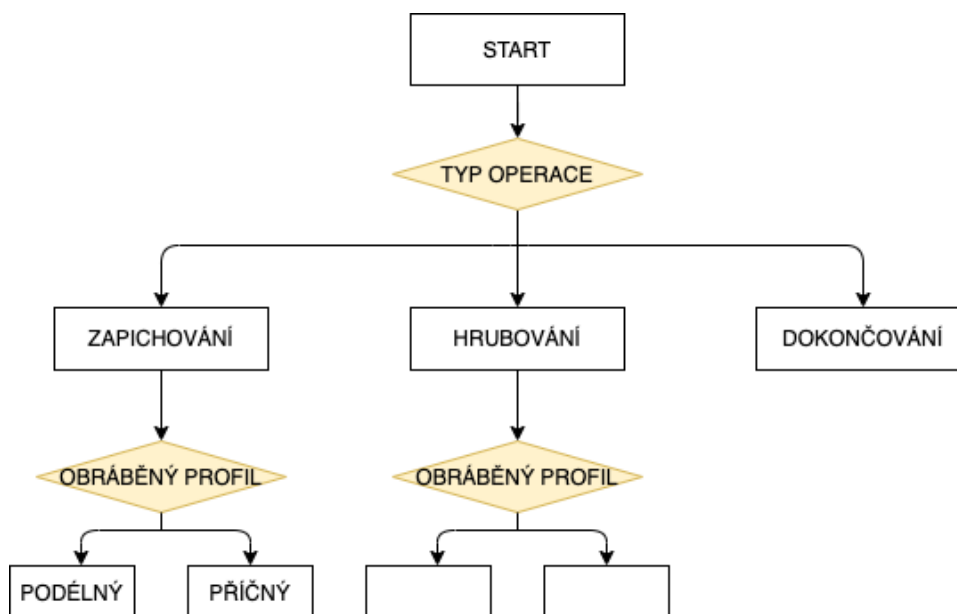
Hlavní výstupní parametry a jejich větvení:

- **Nástrojová geometrie**
 - Tvar
 - Úhel čela
 - Zaoblení špičky
 - Typ geometrie
- **Nástrojový materiál**
 - VBD ze slinutého karbidu

Pro výběr daných podmínek jsem zohlednila několik faktů, a to např. o jakou operaci se jedná, z jakého materiálu je samotný obrobek vyroben či jaké jsou kladeny požadavky na finální jakost samotného výrobku.

6.1 Databázové diagramy

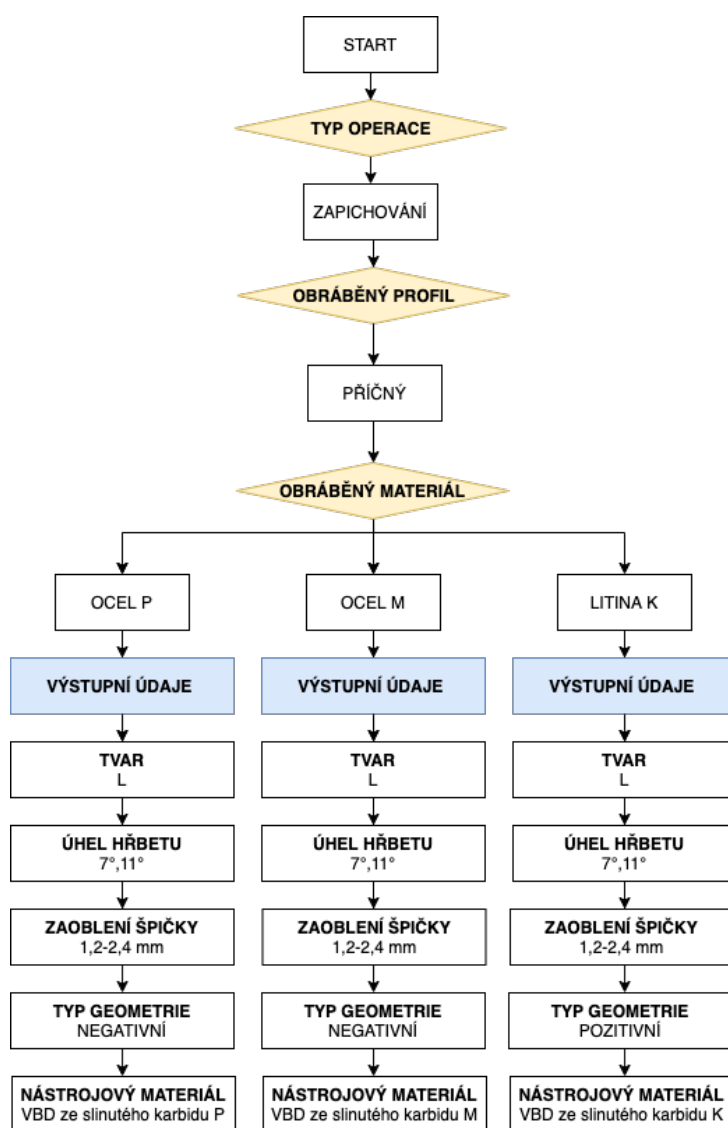
Před vytvořením celkového systému je velmi důležité sestavit si samotný princip výběru odpovědí na základě zvolených parametrů. Při vložení všech parametrů do jednoho parametru by vznikl velmi rozvětvený diagram a z tohoto důvodu jsem navrhla diagramy pro každý druh operace zvlášť. Z každé operace následuje další a další větvení. Při kompletním výběru všech požadovaných parametrů jsou vyhodnoceny předem nastavené výsledky hledání.



Obrázek 40 – Princip databázového diagramu

Zapichování

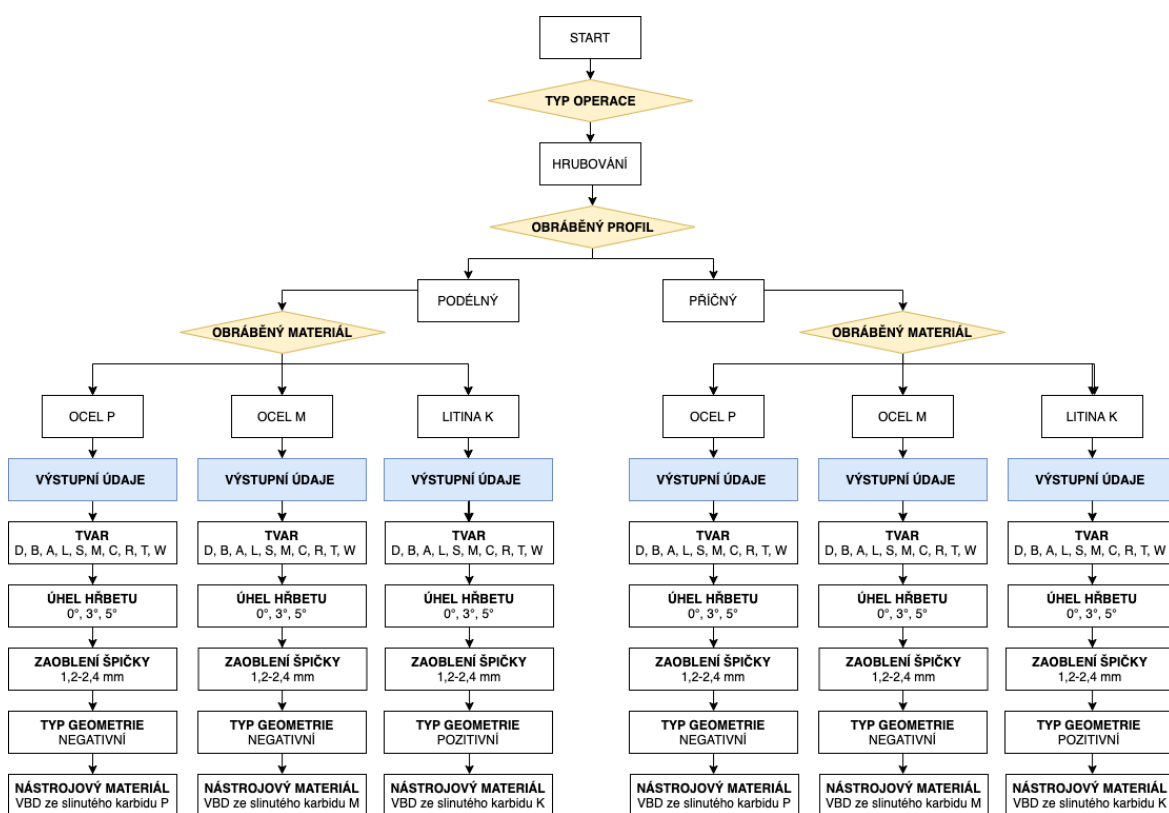
U této operace jsem se zaměřila na nejzákladnější typ zapichování, a proto i ve výsledné volbě je na výběr pouze destička tvaru L. Při samotném vykonávání základního zapichování není hlavní prioritou tvarová plocha či kvalita povrchu a z tohoto důvodu jsem výběr těchto sekcí v doporučujícím systému zakázala.



Obrázek 41 – Databázový diagram pro zapichování

Hrubování

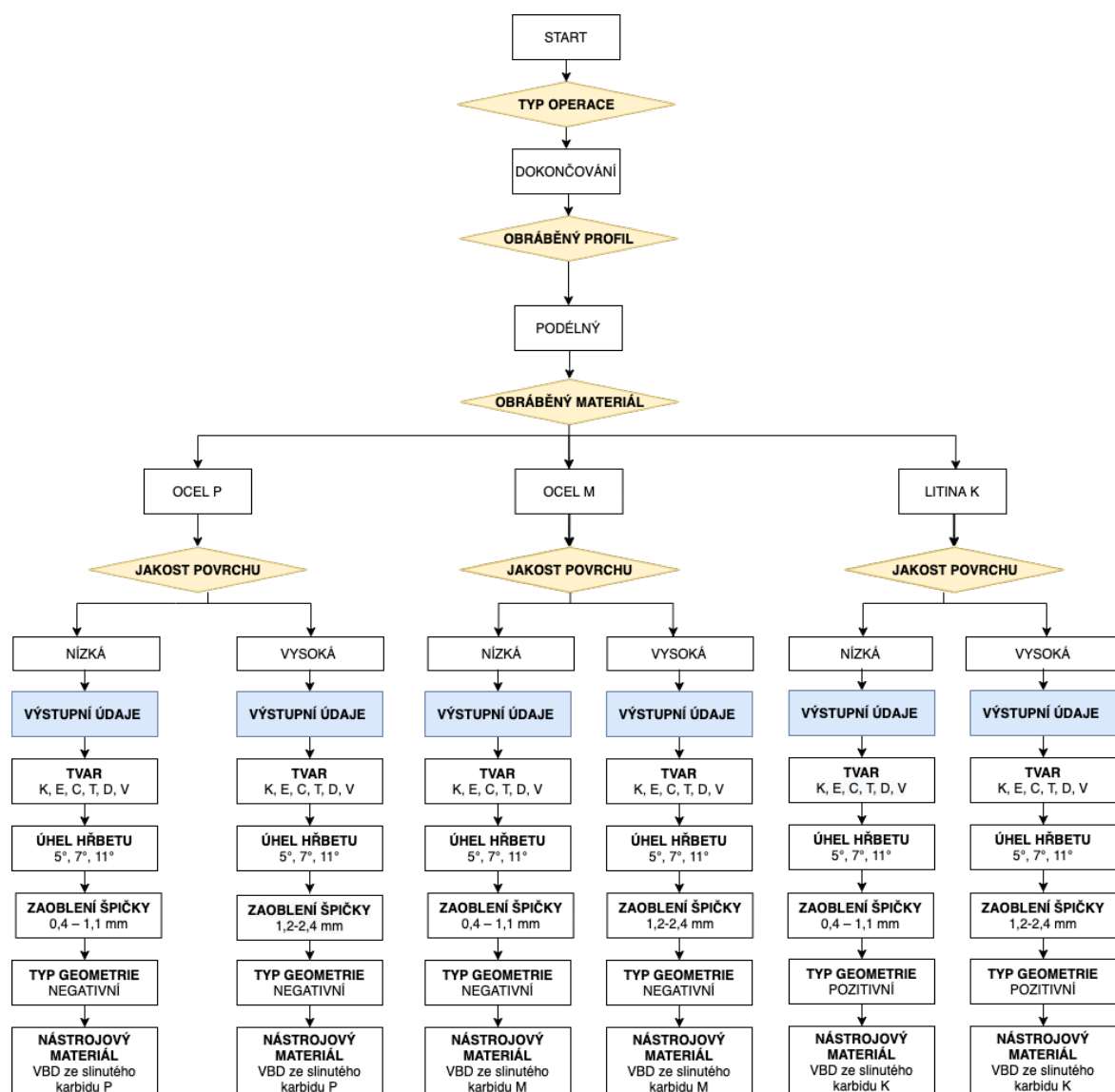
Při samotném hrubování je hlavní prioritou odebrání co největšího množství požadovaného materiálu za co nejkratší čas. V takovém případě nezáleží na výsledné kvalitě povrchu ani výsledných tvarových plochách, jelikož ve větší spoustě případů po operaci hrubování následují dokončovací operace. Z tohoto důvodu jsem vyřadila tvarový profil a kvalitu povrchu z výběru možností.



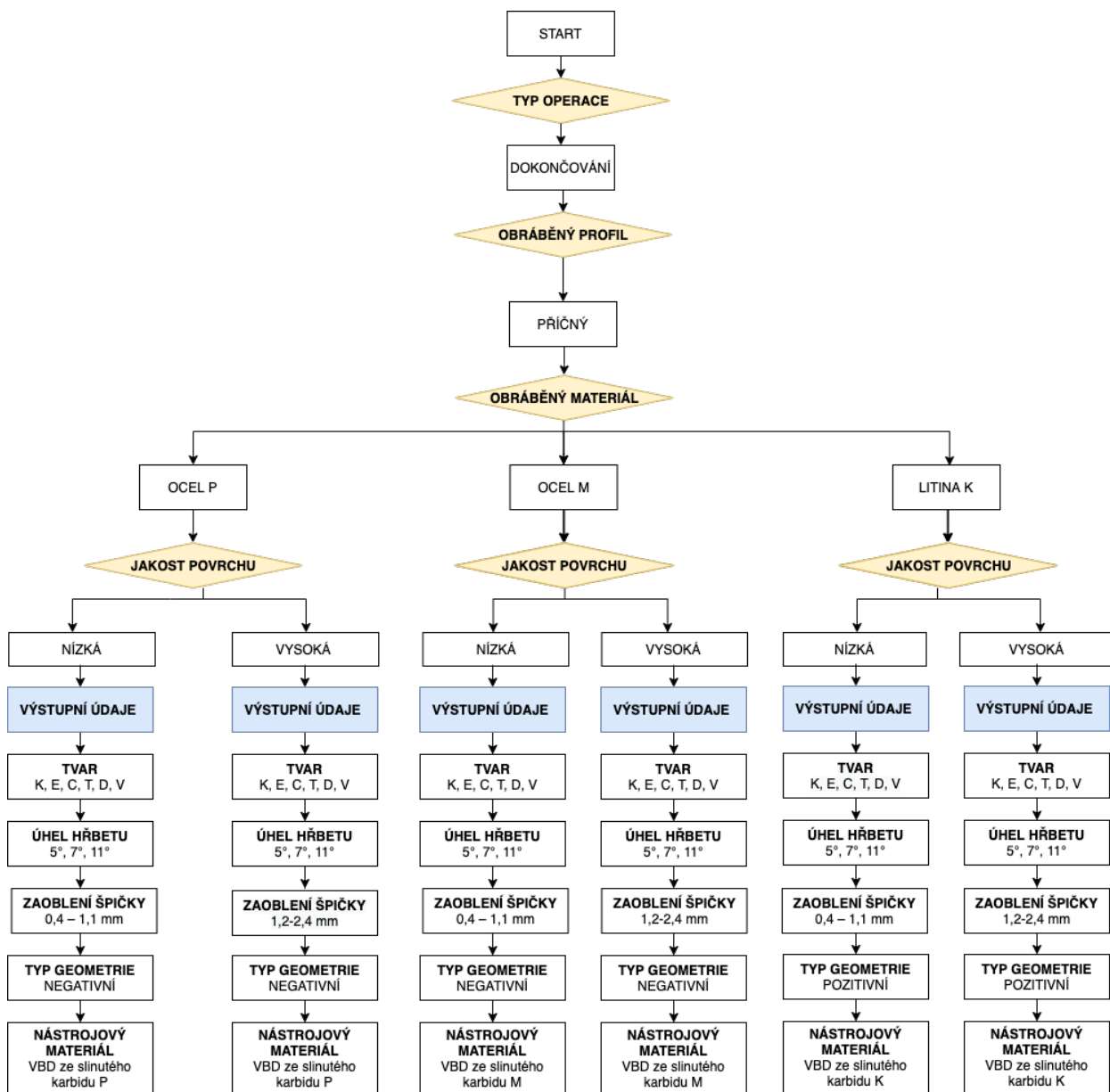
Obrázek 42 – Databázový diagram pro hrubování

Dokončování

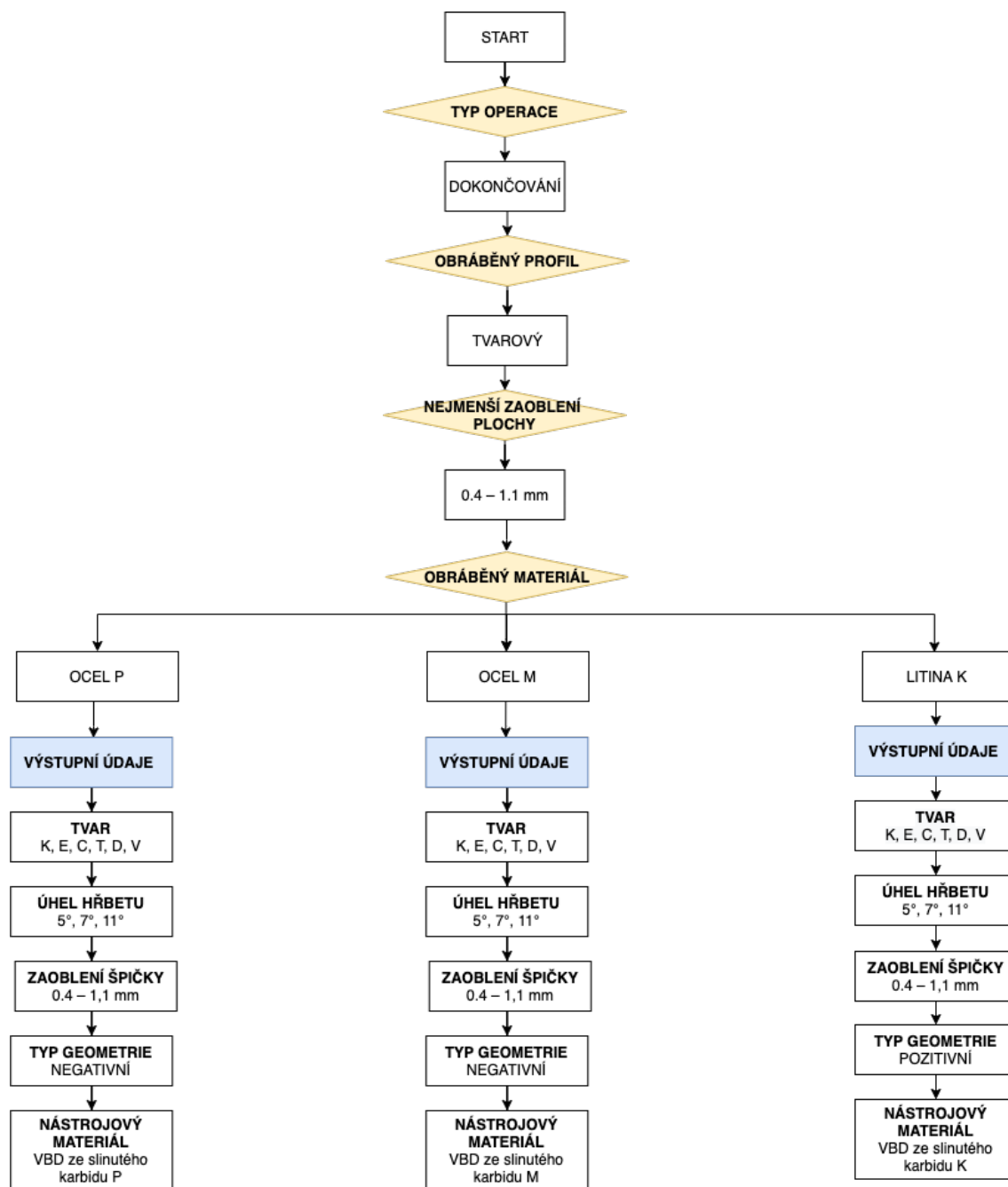
Pokud u výsledného výrobku není požadována velmi vysoká přesnost a kvalita povrchu je dokončovací operace finální. Z tohoto důvodu systém musí zohlednit všechny výše zvolené vstupní parametry a vyhodnotit správné požadavky pro VBD. U tvarového profilu jsem po konzultaci s mým vedoucím práce přidala další výběrový parametr, kde si uživatel zvolí, jaký nejmenší obráběné zaoblení se nachází na jeho obrobku. Pomocí této informace se vybere správná VBD, která je schopna obrobít danou plochu. Pro větší přehlednost jsem celý graf rozdělila podle obráběného typu profilu.



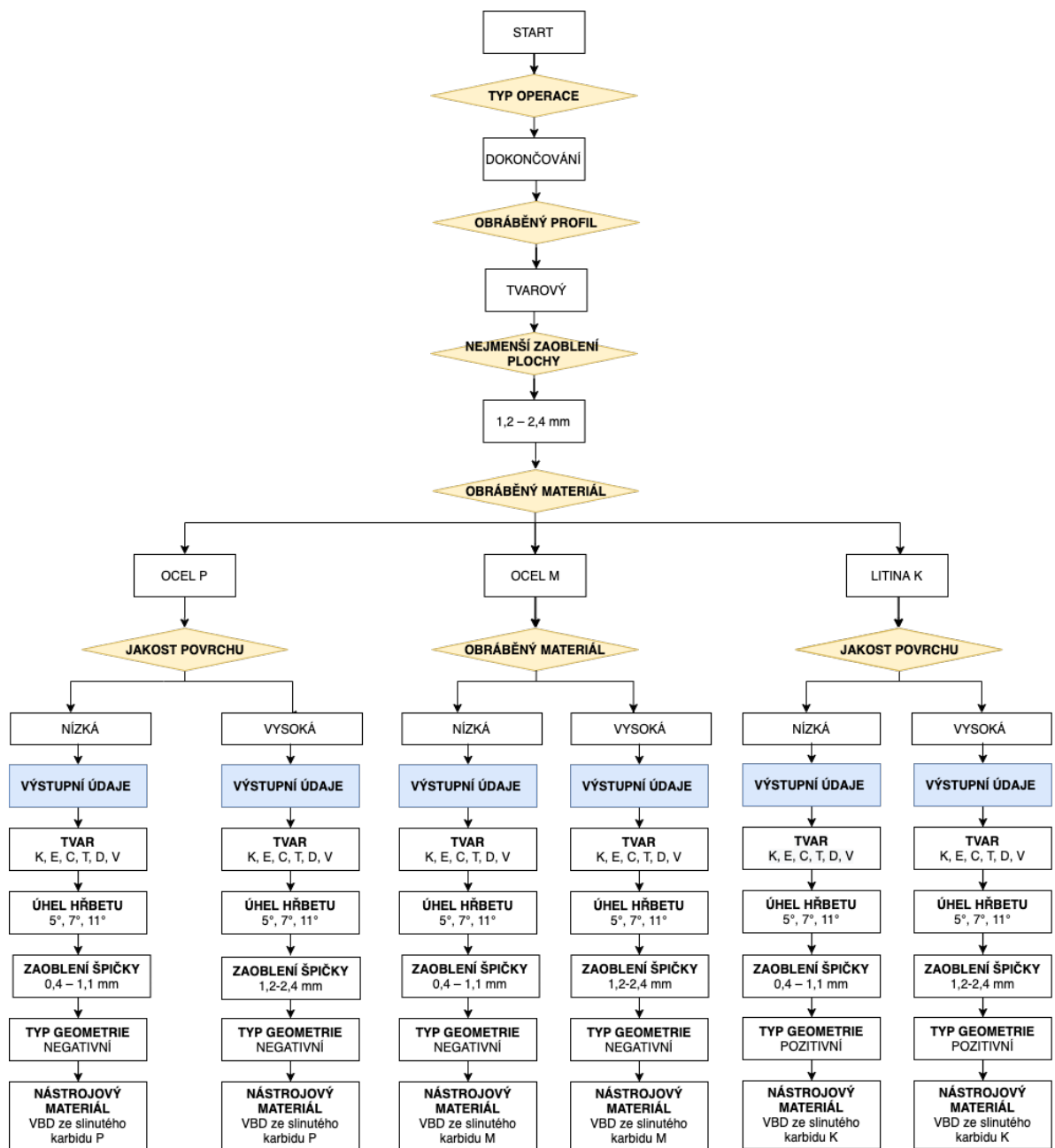
Obrázek 43 – Databázový diagram pro dokončování podélné.



Obrázek 44 – Databázový diagram pro dokončování příčné.



Obrázek 45 – Databázový diagram pro dokončování tvarové s nejmenší plochou zaoblání 0,4-1,1 mm



Obrázek 46 – Databázový diagram pro dokončování tvarové s nejmenší plochou zaoblění 1,2-2,4 mm

6.2 Použité parametry pro výběr VBD

Při volbě základních parametrů jsem se zaměřila pouze na operaci soustružení. Při vstupních proměnných jsem zvolila výhradně základní parametry. Řezné podmínky nejsou součástí řešení tohoto programu. Co se týče výstupů, zohledňovala jsem jednotlivé parametry, které vstupují do děje a na jejich základě jsem volila VBD.

Nejefektivnější je se orientovat na jednotlivé vstupy, jaké vlivy vstupují do výroby a co se pro dané operace nejčastěji používá.

Obrátím se nejprve na hrubování. U této operace jde zejména o úběr co největšího množství materiálu za co nejkratší dobu. V takovém případě se bude volit spíše tvar VBD, který má velký úhel špičky. Tento faktor vede k pevnějšímu břítu, čímž je možné zvýšit rychlost úběru materiálu. Pro hrubovací operaci volím tvary destiček: D, B, A, L, S, M, C, R T, W. Následně zde velkou roli hraje materiál, ze kterého má být výrobek vyroben. Pokud bude obrobek ocel, což je převážně tvrdý materiál, bude zvolena negativní geometrie, která zaručí pevný nástroj ale také vyšší řezné síly a větší úhel břítu. V případě litiny jakožto měkkého materiálu se volí geometrie pozitivní, kde je lepší odvod třísek a tím pádem menší požadavek na pevný nástroj a menší úhel břítu.

Při další operaci, čímž je v mém případě zapichování jsem se soustředila na nejzákladnější zápich. Jelikož v takovém případě jde pouze o najetí do součásti, vytvoření zápichu a vyjetí z obrobku, volila jsem výhradně tvar L. Co se týče dalších parametrů, jako je úhel, typ geometrie a úhel špičky jsem ponechala stejné jako je u operace hrubování. Je to z toho důvodu, že u zapichování opět potřebuji pevný nástroj.

V neposlední řadě je zde dokončování, které je ve většině případů finální úprava obrobku. V takovém případě lze zařadit do obráběného profilu i profil tvarový. Zde se musím zabývat otázkou, jaká nejmenší zaoblení se na součásti vyskytují. Pokud zaoblení plochy bude místy menší, než 1,2 mm (toto číslo jsem zvolila jako mez mezi vysokou a nízkou kvalitou obráběné plochy), nelze obrobit součást nožem se zaoblením 1,2 mm z důvodu nepřístupnosti k místu obrobění. Aspoň tedy ne s jedním typem VBD.

Jak jsem již zmínila výše, je zde kladen důraz i na kvalitu povrchu z důvodu finální úpravy součástí. Proto zde mám stanovené dva typy případů, které mohou být zvoleny. Buď je požadavek na vysokou kvalitu povrchu a zaoblení špičky bude malé nebo nízká kvalita povrchu a zaoblení špičky bude velké. Celkově jsem VBD zvolila tyto: K, E, C, T, D, V.

6.3 Software

Při zpracování teoretické části jsem nejprve zvažovala vytvořit celý systém jako rozsáhlou relační MySQL databázi pomocí programu Sequel Pro a prostřednictvím webu zobrazovat výsledky předdefinované v databázi. Z důvodu vysoké pracnosti pro ruční vkládání dat jsem tuto myšlenku zavrhla a celá aplikace je vytvořena na základě definovaných podmínek, které pro konkrétní vstupy vypočtou možné výsledky. Systém je tak flexibilnější pro rozšiřování v budoucnosti. Při tvoření systému bylo důležité nejprve napsat kostru systému v jazyku HTML, kde jsem pevně vložila parametry, které nijak nereagovaly na vnější podněty uživatele.

Pro kompatibilitnost s různými zařízeními bylo třeba upravit design systému. Pro vzhled stránky jsem použila Bootstrap framework, který velmi efektivně a bez velkých zásahů přetvoří web do vizuálně lepší podoby.

Pro interakci webu s uživatelem jsem využila jazyky JavaScript a PHP. JavaScript funguje na straně webového prohlížeče a slouží pro vytvoření interaktivního webu (výběr hodnoty může okamžitě způsobit zobrazení dalších voleb). Jazyk PHP se vykonává na straně serveru a v mojí aplikaci slouží pro vyhodnocení, resp. výpočet možných výsledků na základě vstupních dat.

Celý systém jsem modelovala do nejjednodušší podoby tak, aby byl přehledný, člověk se zde snadno zorientoval a co nejrychleji získal požadované výsledky.

7 ZÁVĚR

V teoretické části jsem nejprve osvětlila pojem obrábění a nadále popsala mnou zvolené technologické druhy obrábění s krátkou charakteristikou a se základními pojmy. Z veškerých uvedených druhů jsem si vybrala soustružení, které jsem v dalších kapitolách detailně rozebrala.

V následující kapitole jsem objasnila význam nástrojové geometrie soustružnického nože a popsala jednotlivé úhly na noži a jejich vliv na obrábění. Z kapitoly nástrojové geometrie soustružnického nože jsem přešla na konstrukci soustružnického nástroje a jeho rozdělení. Značná pozornost je věnována VBD, jejich značení, konstrukci a způsobům upnutí.

Po vysvětlení a znázornění všech důležitých parametrů jsem přešla do kapitoly, která znázorňuje jednotlivé typy soustružnických operací a jednotlivé ukázky nožů pro konkrétní operace. Na závěr jsem dala podstatnou pozornost obráběcím materiálům, kde SK je nejvíce rozšířený ve výrobě, a proto je zde uveden i rozdělení SK a typy povlakovaných vrstev.

Smyslem praktické části bylo vytvoření jednoduchého systému, který na základě vložených parametrů vyhodnotí vhodné parametry VBD pro konkrétní technologickou operaci.

Doporučovací systém byl vytvořen v programu Visual Studio Code, do kterého jsem přenesla hlavní myšlenku celé teoretické části předem připravenou v programu Microsoft Office Excel. Data byla rozdělena do jednotlivých skupin podle jejich kategorie. Kategorie byla zvolena dle základních parametrů pro definici technologické operace.

Program budou moci uživatelé užívat v online verzi na odkaze přiloženém v přílohách. Systém najde své uplatnění hlavně u uživatelů, kteří chtějí najít správnou VBD pro konkrétní operaci.

Mnou navržený program lze dále rozšířit při vstupních parametrech na více technologických operací než jen na soustružení. V budoucnu by mohlo přibýt frézování, vrtání apod. Strukturu lze také obohatit o řezné podmínky a přesné parametry obrobku.

8 CITACE

- 1 Types of Machining. *Thomasnet* [online]. New York: Thomas Publishing Company, c2020 [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: www.thomasnet.com/articles/custom-manufacturing-fabricating/types-machining
- 2 Turning. *CustomPartNet* [online]. 2020 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.custompartnet.com/wu/turning>
- 3 CNC obrábění [online]. In: . Liberec, s. 24 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: https://www.pslib.cz/komplex_CNC_a_CAM/files/Prezentace_PDF/Komplex_CNC_Kk_05.pdf
- 4 MÁDL, Jan. *Technologie obrábění*. 2000. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-010-2091-6.
- 5 Obráběcí stroje. *Jhamernik* [online]. Pelhřimov, 2006 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <http://jhamernik.sweb.cz/OBRSTROJ.htm>
- 6 K čemu slouží G kódy a M kódy? *Macmatic* [online]. 2015 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.macmatic.cz/component/content/article/40-technicke-clanky/66-k-cemu-slouzi-g-kody-a-m-kody>
- 7 Milling. *CustomPartNet* [online]. 2020 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.custompartnet.com/wu/milling>
- 8 Hole-making. *CustomPartNet* [online]. 2020 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.custompartnet.com/wu/hole-making>
- 9 Vyvrtávání. *ELUC* [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1822>
- 10 Nástrojové roviny. *ELUC* [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1188>
- 11 Geometrie řezného klínu nástroje a jeho opotřebení. *Fraxinus mendelu* [online]. Brno, 2018, 3.8.2018 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD_NMS/Povinne_predmety/Nastroje_a_procesy_obrabeni
- 12 Základní soustružnické nože a jejich popis. *Ostravská univerzita* [online]. Ostrava [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/kpv/soustruzeni/lekce3.htm>

- 13 Tvar třísky a geometrie nástroje. *ELUC* [online]. [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1816>
- 14 Soustružení II. In: *Technický deník* [online]. Praha: Business Media CZ, 2011 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/rezne-nastroje/rezne-nastroje-6_8518.html
- 15 Indexable Turning Toolholders Positive Carbide Insert USA ID 900. In: *Carbideanddiamondtooling* [online]. USA: CDTooling, 2020 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://www.carbideanddiamondtooling.com/Turning.Tool.Holder.Positive.USA>
- 16 VBD pro soustružení. *TGS* [online]. Mýto [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: http://www.tgs.cz/content/fck/files/katalogy/C01-15_inserts_intro_pages_cz.pdf
- 17 ERDINGER, Filip. *METODIKA OPTIMALIZACE BEZ KAPALINOVÉHO OBRÁBĚNÍ MATERIÁLŮ* [online]. Praha, 2011 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10467/73315>. Magisterská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Jan Podaný.
- 18 Katalog soustružení. In: *Mbmpraha* [online]. Praha: MBM, spol. s r.o., 2010 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: http://www.mbmpraha.cz/katalogy/seco/katalog_soustruzeni.pdf
- 19 Upínací systémy břitových destiček. In: *Ústavu technologie obrábění, projektování a metrologie* [online]. Praha: CVUT v Praze, 2013 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: http://u12134.fsid.cvut.cz/podklady/ON/2013_4_Upinaci%20systemy_britovyc_h_desticek.pdf
- 20 MACHŮ, Rostislav. *Databáze soustružnicích nástrojů v NX*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2016, 107 s. (82 758 znaků). Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/38103>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav výrobního inženýrství. Vedoucí práce Bílek, Ondřej.
- 21 Soustružení čelních ploch. *Ostravská univerzita* [online]. Ostrava: Osu, 2016 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/kpv/soustruzeni/lekce7.htm>
- 22 Lathe Operations Types and Cutting Tools. In: *Engineering Articles* [online]. USA: Focus, 2016 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <http://www.engineeringarticles.org/lathe-lathe-operations-types-and-cutting-tools/>

- 23 Soustružení vnějších ploch. *Sandvik Coromant* [online]. Liberec: SANDVIK CZ, 2018 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/general-turning/pages/external-turning.aspx>
- 24 Soustružení vnitřních ploch. *Sandvik Coromant* [online]. Liberec: SANDVIK CZ, 2018 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/general-turning/pages/internal-turning.aspx>
- 25 *ISCAR* [online]. Izrael: ISCAR, 2020 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/>
- 26 HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM Publishing, 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.
- 27 Rozdělení nástrojových ocelí. *Tumlikovo* [online]. Praha: <http://www.tumlikovo.cz/rozdeleni-nastrojovych-oceli/>, 2010 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/rozdeleni-nastrojovych-oceli/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Revolverový soustruh s přídavnými osami [3]	12
Obrázek 2 – Síly při vázaném řezání [4]	12
Obrázek 3 – Hrotový soustruh [5]	13
Obrázek 4 – Karuselový soustruh [5]	13
Obrázek 5 – Revolverový soustruh [5]	14
Obrázek 6 – Čelní soustruh [5]	15
Obrázek 7 – Vrtání [8]	16
Obrázek 8 – Vrtací otvor [8]	16
Obrázek 9 – Nástrojová geometrie nástroje [10]	17
Obrázek 10 – Pracovní geometrie nástroje [10]	17
Obrázek 11 – Nástrojová geometrie řezného klínu [12]	18
Obrázek 12 – Další úhly obráběcího nástroje [12]	18
Obrázek 13 – Pozitivní a negativní geometrie čela [14]	19
Obrázek 14 – Úhel sklonu hlavního ostří [12]	20
Obrázek 15 – Ukázka soustružnických nožů s různými typy VBD [15]	21
Obrázek 16 – Značení VBD [16]	22
Obrázek 17 – Diagram utvářečů třísek [18]	23
Obrázek 18 – Systém značení principů upnutí [19]	24
Obrázek 19 – Systém C [19]	24
Obrázek 20 – Systém P [19]	24
Obrázek 21 – Systém S [19]	24
Obrázek 22 – Systém M [19]	25
Obrázek 23 – Systém D [19]	25

Obrázek 24 – Systém X [19]	25
Obrázek 25 – Systém G [19]	25
Obrázek 26 – Soustružnické operace [20].....	26
Obrázek 27 – Čelní soustružení [22]	26
Obrázek 28 – Ohnutý odbírací nůž – pravý [25].....	26
Obrázek 29 – Různé typy vnějšího soustružení [22].....	27
Obrázek 30 – Tvarový nůž – pravý [25].....	27
Obrázek 31 – Vnitřní soustružení [22]	27
Obrázek 32 – Vnitřní stranový nůž – pravý [25].....	27
Obrázek 33– Soustružení závitu [22]	28
Obrázek 34 – Vnější a vnitřní závit [25].....	28
Obrázek 35 – Vrtání díry [22]	28
Obrázek 36 – Vrtací nůž [25]	28
Obrázek 37 – Zapichování [22]	28
Obrázek 38 – Zapichovací nůž [25]	28
Obrázek 39 – Vliv mech. vlastností nástrojového materiálu na pracovní podmínky [26] ..	29
Obrázek 40 – Princip databázového diagramu	39
Obrázek 41 – Databázový diagram pro zapichování	40
Obrázek 42 – Databázový diagram pro hrubování	41
Obrázek 43 – Databázový diagram pro dokončování podélné.....	42
Obrázek 42 – Databázový diagram pro dokončování příčné	43
Obrázek 45 – Databázový diagram pro dokončování tvarové s nejmenší plochou zaoblení 0,4 – 1,1 mm.....	44
Obrázek 46 – Databázový diagram pro dokončování tvarové s nejmenší plochou zaoblení 1,2 – 2,4 mm.....	45

PŘÍLOHY

[1] CD disk

[2] Odkaz na doporučovací systém: <https://pest.rhhx.cz/>