

Databáze soustružnických nástrojů v NX

Rostislav Machů

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Rostislav Machů**
Osobní číslo: **T130240**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Databáze soustružnicích nástrojů v NX**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická studie na dané téma
2. Sběr dat a vytvoření databáze používaných nástrojů na dílně
3. Vytvoření modelů nástrojů včetně tělesa nože
4. Sestavení knihovny nástrojů pro program UGNX
5. Naprogramování dané součásti s použitím nástrojů z knihovny nástrojů

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. KOH, Jaecheol. *Siemens NX 9 design fundamentals: [a step by step guide]*. Seoul: ONSIA, 2014, XXII, 644 s. ISBN 978-1-500739-14-0.
2. RAO, P. *CAD/CAM: principles and applications*. 3rd ed. New Delhi: McGraw Hill Education, 2010, XX, 768 s. ISBN 978-0-07-068193-4.
3. SADÍLEK, Marek. *CAM systémy v obrábění I. 2., dopl. vyd.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010, 138 s. ISBN 978-80-248-2278-5.
4. KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění. Vyd. 1.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.
5. BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. *Výrobní inženýrství a technologie. 1. vyd.* Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014, 173 s. ISBN 978-80-7454-471-2.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. ledna 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2016

Ve Zlíně dne 3. února 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Machů Rostislav
Obor: Procesní inženýrství

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 1. 3. 2016

Machů Rostislav

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výtěžku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na přípravu databáze soustružnických nástrojů v NX. Technologie obrábění nástroji s definovanou geometrií bříty, soustružnické nástroje a jejich materiály jsou uvedeny v teoretické části. Praktická část je zaměřena na přípravu modelů nástrojů, sestav nástrojů, knihovny nástrojů, tvorbu šablony, implementaci této šablony do uživatelského prostředí, simulaci v prostředí NX.

Klíčová slova: Knihovna nástrojů, NX, CAM, obrábění, CNC stroje.

ABSTRACT

This thesis is focused on preparing a database of turning tools in NX. Technology cutting tools with defined cutting geometry, turning tools and materials are presented in the theoretical part. The practical part is focused on preparing models of tools, reporting tools, tool library, creating templates, implementation of this template into the user interface, NX simulation environment.

Keywords: tool library, NX, CAM, machining, cnc machines

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D., za odborné vedení, připomínkování a cenné rady, které mi poskytl při jejím zpracování. Zároveň bych chtěl poděkovat firmě Kovárna VIVA a.s., která mi umožnila využívat software použitý pro vypracování této bakalářské práce.

MOTTO

Per aspera ad astra - „ Po drsných cestách ke hvězdám“ (latinský citát)

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TECHNOLOGIE SOUSTRUŽENÍ	11
1.1 ZÁKLADY ŘEZNÉHO PROCESU	11
1.1.1 Polotovar	11
1.1.2 Nástroj	12
1.1.3 Základní pohyby nástroje	14
1.1.4 Obrobek	16
1.2 FYZIKÁLNÍ CHARAKTERISTIKY	17
1.2.1 Teorie vzniku a tvoření třísky při řezání	17
1.2.2 Plastické deformace v oblasti tvoření třísky	17
1.2.3 Třísky a jejich technologické charakteristiky	18
1.3 ENERGETICKÉ CHARAKTERISTIKY	20
1.3.1 Tepelná bilance procesu řezání	20
1.3.2 Teplota řezání	21
1.4 KINEMATICKÉ CHARAKTERISTIKY	22
1.4.1 Kinematické veličiny	22
1.4.2 Řezné síly	23
2 NÁSTROJE PRO SOUSTRUŽENÍ	25
2.1 NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY	25
2.1.1 Nástrojové oceli	26
2.1.2 Slinuté karbidy	26
2.1.3 Povlakované slinuté karbidy	29
2.1.4 Cermety	32
2.1.5 Keramické řezné materiály	33
2.1.6 Super tvrdé řezné materiály	35
2.2 OPOTŘEBENÍ BŘITU NÁSTROJE	37
2.2.1 Mechanismus opotřebení	37
2.2.2 Kvantifikace opotřebení	38
2.3 TYPY SOUSTRUŽNICKÝCH OPERACÍ.....	39
2.3.1 Soustružnické operace	39
3 ZÁKLADY UPÍNÁNÍ PŘI SOUSTRUŽENÍ	43
3.1 UPNUTÍ OBROBKU	43
3.1.1 Univerzální sklíčidlo	43
3.1.2 Upínání mezi hroty	44
3.1.3 Kleština	45
3.1.4 Upínací deska	45
3.2 UPNUTÍ NÁSTROJE	46

3.2.1	Držáky na nástroje.....	46
3.2.2	Otočná revolverová hlava	48
4	ZÁKLADNÍ TYPY STROJŮ PRO SOUSTRUŽENÍ.....	49
4.1	UNIVERZÁLNÍ HROTOVÝ SOUSTRUH	49
4.2	HROTOVÉ SOUSTRUHY	50
4.3	ČELNÍ SOUSTRUHY	50
4.4	REVOLVEROVÉ SOUSTRUHY.....	50
4.5	SVISLÉ SOUSTRUHY.....	51
4.6	AUTOMATICKÉ SOUSTRUHY	52
5	SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE.....	53
II	PRAKTICKÁ ČÁST	54
6	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI.....	55
7	SEZNAM POUŽÍVANÝCH NÁSTROJŮ	56
8	TVORBA MODELŮ NÁSTROJŮ VČETNĚ TĚLA NOŽE	57
8.1	BĚŽNÝ TYP NÁSTROJE	57
8.1.1	Model VBD	57
8.1.2	Model těla nástroje	60
8.1.3	Sestava nástroje	61
8.2	SPECIÁLNÍ TYP NÁSTROJE	63
9	SESTAVENÍ KNIHOVNY NÁSTROJŮ	66
9.1	TVORBA ŠABLONY.....	66
9.2	KNIHOVNA NÁSTROJŮ	68
9.2.1	Implementace nástrojů do knihovny	69
9.3	DOKONČENÍ ŠABLONY	73
10	NAPROGRAMOVÁNÍ DANÉ SOUČÁSTI.....	74
10.1	OBROBEK V KOVÁRENSTVÍ.....	74
10.2	ZAMYŠLENÍ SE NAD TECHNOLOGIÍ.....	74
10.3	ZADÁNÍ SOUČÁSTI.....	77
10.4	TVORBA CAM.....	77
10.4.1	Polotovár	78
10.4.2	Soustružnické operace.....	83
10.5	TECHNOLOGICKÝ POSTUP	92
	ZÁVĚR	95
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	96
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	97
	SEZNAM OBRÁZKŮ	99
	SEZNAM TABULEK.....	104
	SEZNAM PŘÍLOH.....	105

ÚVOD

Způsoby volby typu soustružnického nástroje musí v současné době odpovídat požadavkům technologie výroby. Vývoj nových technologií, trendů a snaha jednotlivých výrobců překonat své konkurenty k tomu vytváří všechny předpoklady. Existují soustružnické nástroje, které jsou svým tvarem dnes mnohem složitější. Vyvíjejí se nové typy nástrojů, zvyšuje se jejich přesnost, výkon a jejich specializace. Nicméně růstem výrobních možností nástrojů roste také jejich tvarová různorodost. A to přináší svá rizika. Dochází ke konfrontaci jednotlivých postupů v technologii, která je, s cílem zvýšení produktivity, hnána až na hranice svých možností.

Zvýšení kvality, přesnosti a produktivity při obrábění vyžaduje použití tvarově složitých nástrojů, jež jsou často na hranici únosnosti a vyrobitelnosti jejich jednotlivých komponent. Proto je potřeba hledat optimální parametry, které vhodně skloubí všechna zvolená kritéria. Pokud hovoříme o speciálních nástrojích, znamená to, že máme standartní nástroj, který nelze použít pro naši potřebu při obrábění a chceme vyzkoušet neznámý, tvarově složitý, nástroj a celou technologii tak zkvalitnit. Než se ale najde speciální nástroj a odzkouší jeho použití ve výrobě, vyžaduje to čas a především zkušenosti.

Pokud tyto zkušenosti dotčenému technologovi chybí, je třeba přistoupit k teoretické simulaci obrábění s tvarově složitým nástrojem, která ovšem kalkuluje s ideálními podmínkami. Nicméně může působit jako takové vodítko, které nás k hledanému tvrzení o správnosti použitého nástroje přiblíží. Moderní doba umožnila vývoj výpočetní techniky, což situaci velmi usnadňuje, protože ta je schopná udržovat velkou databázi vstupních dat, která při použití zvolených modelů spočítá velmi rychle optimální hodnoty dráhy tvarově složitého nástroje.

Tato práce si klade za cíl vytvořit knihovnu soustružnických nástrojů. Bude představena cesta, jak knihovnu vytvořit a implementovat do ní běžné soustružnické nástroje a nástroje tvarově složitě, tedy nástroje speciální. Tím lze dosáhnout vyšší produktivity a kvality při současném snížení nákladů. Práce bude demonstrovat takto vytvořenou knihovnu soustružnických nástrojů na zadání v podobě tvarově rotačního dílce.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE SOUSTRUŽENÍ

Soustružení je technologický proces, jehož podstatou je dosažení požadovaného tvaru součásti, neboli obrobku, úběrem materiálu. Toto oddělování materiálu docílíme pomocí břítu obráběcího nástroje. Materiál je následně odváděn ve formě třísky.

1.1 Základy řezného procesu

Při obrábění dochází k oddělování materiálu obrobku břittem nástroje. Proces fyzikálně-mechanického principu specifikujeme jako řezný proces. Ten můžeme rozdělit hned několika způsoby:

Cyklický – nesouvislý, nepřetržitý či přerušovaný. U tohoto pojmu se má na mysli zejména frézování nebo broušení.

Diskontinuální – zde je hovořeno zejména o hoblování nebo obrážení.

Kontinuální – nepřerušovaný, trvalý či souvislý. U technologie soustružení hovoříme o tzv. kontinuálním řezném procesu.

1.1.1 Polotovary

Jedná se o označení materiálu určeného na obrábění. Polotovary mohou být rozděleny do dvou skupin, a to: nenormalizované a normalizované.

Nenormalizované polotovary

Nenormalizované polotovary mohou mít různou podobu, velikost a tvar. Patří mezi ně například: odlitky, výkovky, výlisky, lepené polotovary, pájené polotovary.



Obr. 1. Výkovek [10]



Obr. 2. Odlitek [11]

Normalizované polotovary

Typickými představiteli normovaných polotovarů jsou normalizované tyče, profily různých tvarů, plechy, pásy a trubky. Jednotlivé zástupce nalezneme ve strojírenských tabulkách.



Obr. 3. Normalizovaný polotovar

1.1.2 Nástroj

Nástroj umožňuje realizaci řezného procesu. Liší se svými prvky, plochami, ostřími. Z pohledu materiálového je charakterizován typem materiálu. Rychlořezné oceli, cermety, keramika nebo diamant. Pro technologii soustružení se používají různé obráběcí nástroje.



Obr. 4. Ukázka soustružnických nástrojů – různá provedení. [6]

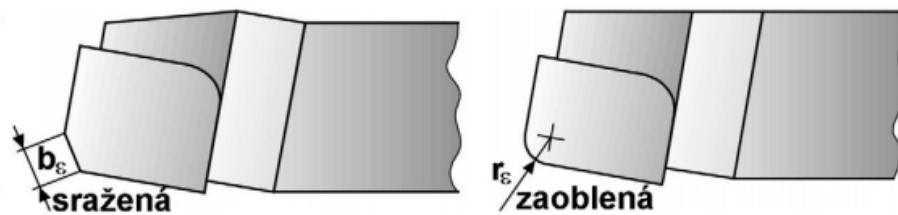
Základní popis soustružnického nástroje.

Stopka – nebo také základna nástroje. Jedná se o prvek nástroje určený zejména k umístění a orientaci nástroje při jeho výrobě. Dále je také za tuto část upevňován samotný nástroj při řezném procesu.

Řezná část – je funkční část nástroje, který obsahuje prvky tvořící třísku. Patří sem zejména, ostří, čelo a hřbet.

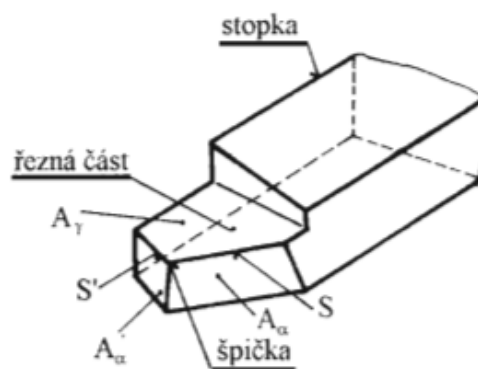
- hřbet – je plocha nebo souhrn ploch, které se přimykají k ploše řezu. Existuje hřbet hlavní A_α a hřbet vedlejší A_α' .
- čelo – plocha nebo souhrn ploch, po kterých odchází tříska A_γ
- ostří – přechodová část břitu mezi čelem a hřbetem. Existuje nástrojové hlavní ostří S a nástrojové vedlejší ostří S' .

Špička – je relativně malá část ostří, nacházející se na spojnici hlavního a vedlejšího ostří. Může být přímá (sražená) nebo zaoblená.



Obr. 5. Špička nástroje [2]

Břit – prvek řezné části nástroje, ohraničený čelem a hřbetem nástroje. Může být spojený jak s hlavním, tak i vedlejším ostřím. Je to zaoblená přechodová část (spojnice) mezi hlavním a vedlejším ostřím. [1]



Obr. 6. Hlavní části obráběcího nástroje [2]

1.1.3 Základní pohyby nástroje

Kinematika představuje pohyby řezného nástroje a obrobku. Pohyb, směr a rychlost nástroje vůči obrobku a naopak, můžeme rozdělit do několika variant.

Rozdělení pohybů

Hlavní – vzájemný pohyb mezi nástrojem a obrobkem, který realizuje obráběcí stroj. Při soustružení se jedná o rotační pohyb obrobku.

Posuvový – realizovaný obráběcím strojem jako další relativní pohyb mezi nástrojem a obrobkem. Posuvový pohyb společně s hlavním pohybem umožňuje plynulé odřezávání třísky z obráběného povrchu. Posuvový pohyb může být postupný nebo plynulý.

Řezný – pohyb vycházející ze současného hlavního a posuvového pohybu. [1]

Směry pohybu

Směr hlavního pohybu – směr okamžitého hlavního pohybu uvažovaného bodu ostří vzhledem k obrobku.

Směr posuvového pohybu – směr okamžitého posuvového pohybu uvažovaného bodu ostří vzhledem k obrobku.

Rychlosti pohybu

Řezná rychlost v_c – vyjádřena jako okamžitá rychlost hlavního pohybu uvažovaného bodu na ostří vzhledem k obrobku.

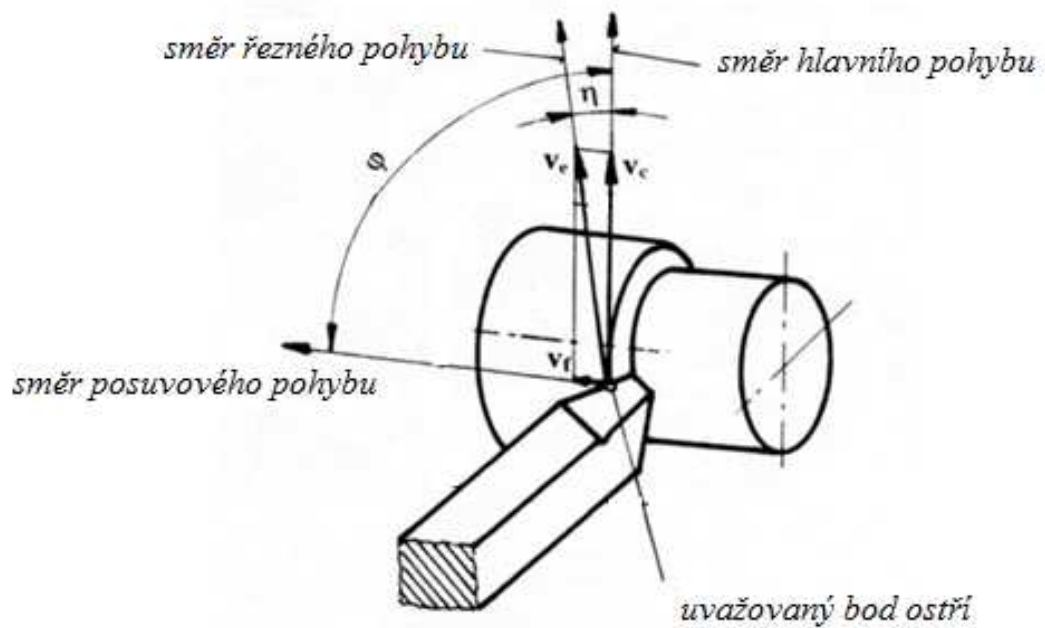
Posuvová rychlost v_f – určena jako okamžitá rychlost posuvového pohybu v uvažovaném bodě ostří vzhledem k obrobku.

Rychlost řezného pohybu v_e – okamžitá rychlost řezného pohybu uvažovaného bodu ostří vzhledem k obrobku. [1]

Úhly pohybu

Úhel posuvového pohybu φ – vyjádření úhlu mezi směry současného posuvového a hlavního pohybu, který je měřený v pracovní boční rovině.

Úhel řezného pohybu η – úhel mezi směrem hlavního pohybu a směrem řezného pohybu, měřený v pracovních boční rovině. [1]



Obr. 7. Kinematika řezného procesu při soustružení [2]

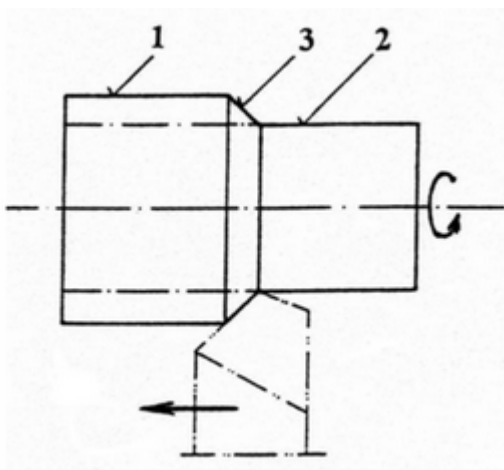
1.1.4 Obrobek

Obrobek je materiál, na němž je po dokončení řezného procesu dosahováno požadovaného tvaru. Na obrobku jsou odlišovány tři základní typy ploch. Na daném obrobku se nachází v průběhu řezného procesu.

Obráběná – plocha obrobku určená na obrobení. Je to taková plocha, která bude daným nástrojem opracována.

Přechodová – nachází se mezi plochou obráběnou a obrobenou.

Obrobená – plocha, která byla daným nástrojem již opracována a je charakteristická svými parametry vztaženými na plochu. Úchylka od jmenovité hodnoty rozměru. Úchylka kruhovitosti nebo úchylka rovnoběžnosti. Dalším parametrem může být také struktura povrchu. Druh a velikost napětí v povrchové vrstvě, trhliny jiné povrchové vady. [2]



Obr. 8. Základní rozdělení ploch



Obr. 9. Reálné vyobrazení ploch [12]

1.2 Fyzikální charakteristiky

Řezný proces se realizuje v obráběcím systému stroj – nástroj – obrobek. Prioritním výstupem jsou parametry obrobené plochy. Z tohoto hlediska má zvláštní význam problematika identifikace mechanismu tvoření třísky s orientací na obráběné materiály. [1]

1.2.1 Teorie vzniku a tvoření třísky při řezání

Oddělování třísky je velmi složitý proces, jehož průběh závisí na mnoha činitelích, zejména na fyzikálních vlastnostech obráběného materiálu a závislosti na podmínkách plastické deformace.

1.2.2 Plastické deformace v oblasti tvoření třísky

Při řezném procesu dochází v oblasti tvoření třísky k pružným a následně plastickým deformacím v odřezávané vrstvě. Před břitem nástroje je to primární plastická deformace, a v povrchových vrstvách třísky, ve styku s čelem nástroje se pak jedná o sekundární plastickou deformaci.

Primární a sekundární plastická deformace

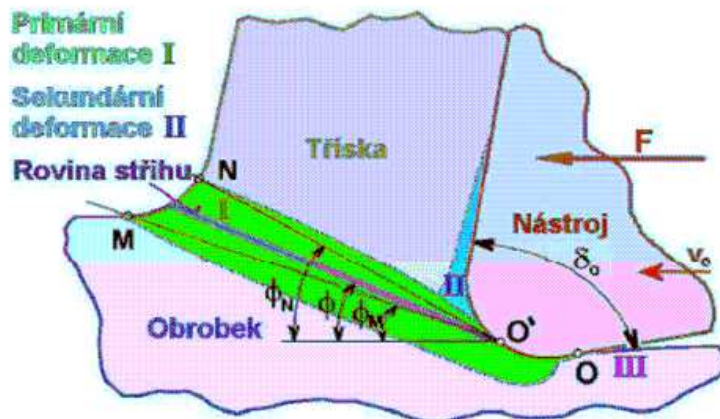
Při pohybu nástroje vůči obrobku působí na odebíranou vrstvu materiálu vnější zatížení, které ve vrstvě vyvolává napětí. Stav napjatosti je značně proměnlivý a závisí na fyzikálních vlastnostech deformovaného materiálu. Pokud napětí nepřestoupí mez úměrnosti deformovaného materiálu, odebíraná vrstva se pružně deformuje. Zvýšením napětí nad mez pružnosti se materiál odřezávané vrstvy začíná plasticky deformovat. Dochází k plastickému skluzu v určitých vhodně orientovaných krystalických plochách.

Z fyzikálního hlediska je řezný proces procesem plastické deformace za extrémních podmínek zatěžování, teplot a rychlosti deformace. V kořenu třísky vznikají tři oblasti plastické deformace. [4]

Oblast primární plastické deformace I – oblast maximálních smykových napětí (rovina stříhu).

Oblast sekundární plastické deformace II – oblast tření třísky po čele nástroje.

Oblast terciální plastické deformace III – oblast tření nástroje o obrobený povrch.



Obr. 10. Deformační oblasti procesu řezání [4]

1.2.3 Třísky a jejich technologické charakteristiky

Třísky představují vedlejší produkt řezného procesu, avšak jejich technologické charakteristiky významně vypovídají o průběhu procesu řezání jak z energetického hlediska, tak i z hlediska řízeného odchodu z řezné oblasti.

Druhy tvářených třísek

V závislosti na průběhu řezného procesu mají třísky různý tvar.

Tvar třísky závisí na mnoha faktorech. Vlastnosti obráběného materiálu, geometrie nástroje, řezné podmínky, zejména řezná a posuvová rychlost. V závislosti na uvedených faktorech mají třísky různý tvar. [6]

Plynulá článková soudržná tříška – vzniká u většiny ocelí, obr. 11a.

Plynulá soudržná lamelová tříška – vzniká u korozivzdorných ocelí, obr. 11b.

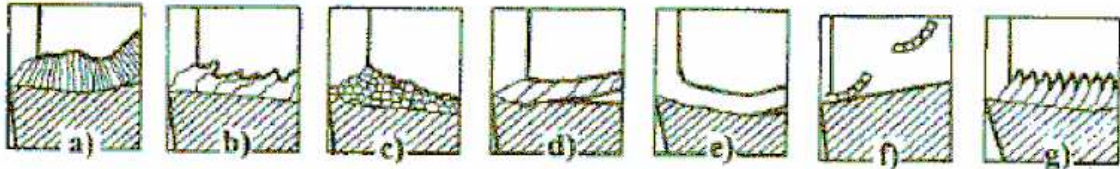
Tvářená elementární tříška – vzniká u většiny litin, obr. 11c.

Nepřavidelná článková plynulá tříška – vzniká u vysoce legovaných materiálů, obr. 11d.

Tvářená plynulá soudržná tříška – vzniká při malých řezných silách, obr. 11e.

Dělená segmentová tříška – vzniká při velkých řezných silách a vysokých teplotách řezání, obr. 11f.

Plynulá segmentová tříška – vzniká při obrábění titanu, obr. 11g.

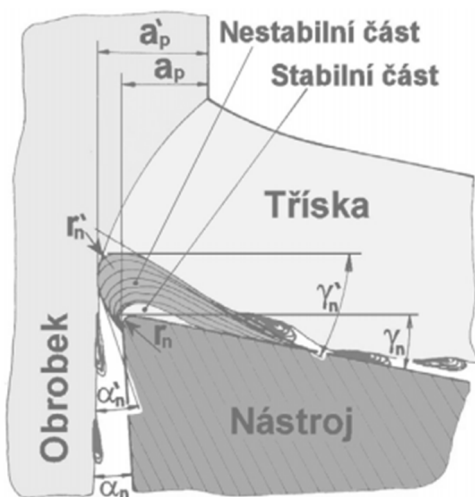


Obr. 11. Základní druhy tvářených třísek [6]

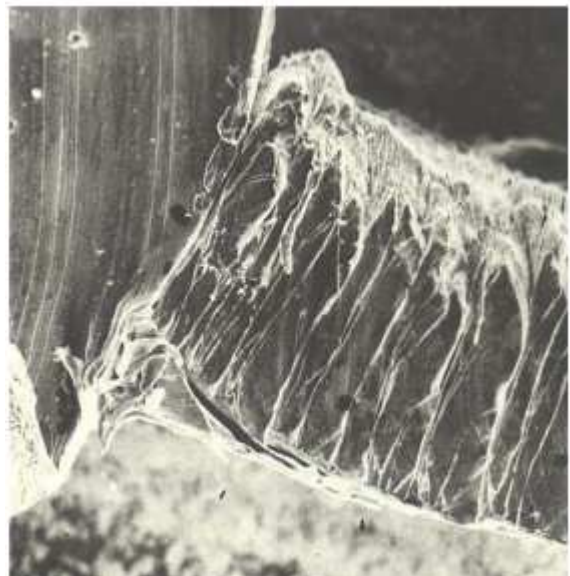
Nárůstek a jeho negativní vliv na řezný proces.

Pohyb třísky po čele nástroje probíhá za velkých tlaků a vysokých teplot. Mezi čelem nástroje a odcházející třískou vzniká síla, působící na čele nástroje, která za určitých řezných podmínek může působit „zadírání“, a tak i negativní vliv na celý řezný proces.

Toto se projevuje vznikem místa kluzu mezi třískou a povrchovou plochou čela, ve které za vysokých teplot vzniká tavenina kovu. Nárůstek představuje „studený návar“ materiálu na břit nástroje. Ten pak poškozuje výsledný obrobený povrch obrobku. Zabránění vzniku nárůstku je možné změnou řezných podmínek nebo použitím vhodné řezné kapaliny. [1]



Obr. 13. Nárůstek [2]



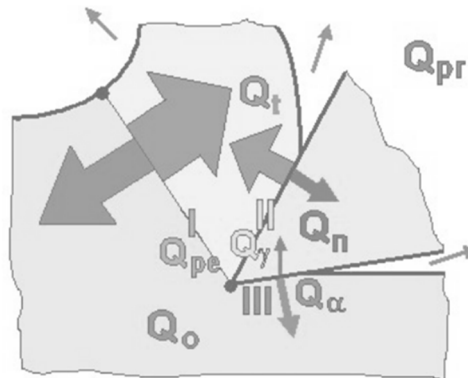
Obr. 12. Nárůstek u kořene třísky [2]

1.3 Energetické charakteristiky

Řezný proces je v reálném obráběcím systému charakterizován celou řadou technologických veličin. K základním technologickým charakteristikám patří kromě fyzikálních také tepelná bilance řezného procesu nebo teplota řezání.

1.3.1 Tepelná bilance procesu řezání

Vlivem obráběcího procesu se téměř veškerá práce řezání transformuje v teplo. Teplo řezného procesu Q_e , vzniklé při odebrání určitého množství materiálu, je přibližně rovné práci řezného procesu E_e . Vzniklé teplo výrazně ovlivňuje řezný proces. Negativně působí na řezné vlastnosti nástroje, ovlivňuje podmínky tření na čele i hřbetě nástroje nebo ovlivňuje mechanické vlastnosti obráběného materiálu. [4]



Obr. 14. Vznik a odvod tepla [4]

Teplo Q_{pe} vzniká vlivem plastických deformací v oblasti primární plastické deformace I. V oblasti sekundární plastické deformace II, vzniká teplo Q_γ vlivem tření mezi čelem nástroje a třískou. V oblasti III vzniká teplo Q_α v důsledku tření hlavního hřbetu nástroje a přechodovou plochou obrobku. Vzniklé teplo je odváděno třískou Q_t , nástrojem Q_n , obrobkem Q_o a řezným prostředím Q_{pr} . Na základě předpokladu, že vzniklé a odvedené teplo musí být v rovnováze, lze vytvořit rovnici tepelné bilance řezného procesu:

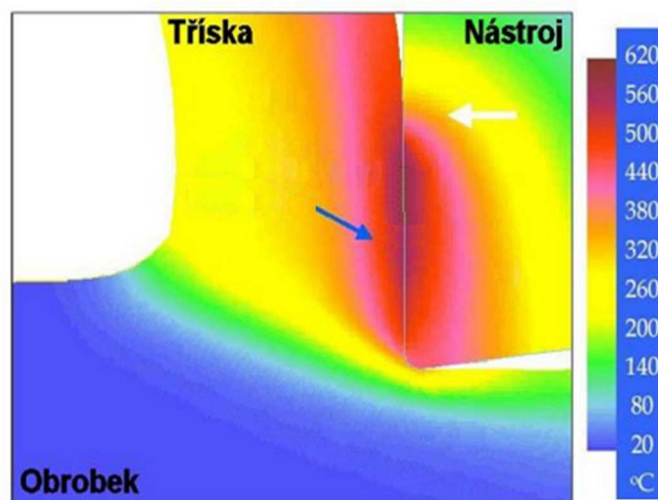
$$Q_{pe} + Q_\gamma + Q_\alpha = Q_t + Q_n + Q_o + Q_{pr} \quad (1)$$

Podíl jednotlivých složek tepla, odváděného třískou, obrobkem, nástrojem a prostředím, závisí na tepelné vodivosti materiálů obrobku a nástroje, na řezných podmínkách, řezném prostředí a na geometrii břitu řezného nástroje. Největší část tepla vzniklého při obrábění je u řezných procesů, které využívají nástroj s definovatelnou geometrií, odváděna ze zóny řezání třískou. Celkové množství tepla lze měřit pomocí kalorimetrů. [4]

1.3.2 Teplota řezání

Teplota v zóně řezání je závislá hlavně na kontaktu třísky a nástroje, na velikosti řezných sil a třecích procesech mezi materiálem obrobku a břitem nástroje. Při obrábění nízkými řeznými rychlostmi je maximální teplota na špičce nástroje. Při obrábění vyššími řeznými rychlostmi je maximální teplota v určité vzdálenosti od ostří nástroje.

Identifikace teplotního pole představuje náročný metrologický problém a vyžaduje složité měřicí systémy. Vhodnou metodou je například metoda přirozeného termočláčku. [1]



Obr. 15. Teplotní pole v zóně řezání [5]

1.4 Kinematické charakteristiky

1.4.1 Kinematické veličiny

Kinematika řezného procesu je charakterizována hlavním pohybem, směrem hlavního pohybu, řeznou rychlostí, posuvovým pohybem, směrem posuvového pohybu, posuvovou rychlostí, řezným pohybem, směrem řezného pohybu a rychlostí řezného pohybu. Tyto definované veličiny jsou měřené v určitém okamžiku. Pokud se uvádějí jejich střední hodnoty, je třeba určit příslušný časový interval. [1]

Například, pro podélné soustružení válcové plochy bude platit:

Řezná rychlost

Rychlost hlavního řezného pohybu. Definujeme ji jako obvodovou rychlost měřenou na obráběné ploše. Pro různé druhy materiálů, nástrojů a obrobků je využito různých řezných rychlostí.

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{10^3} \quad (2)$$

v_c – řezná rychlost [mm.min⁻¹]

n – počet otáček vřetene [min⁻¹]

D – průměr obráběné plochy [mm]

Posuvová rychlost

Posuv je dráha, kterou vykoná nástroj za jednu otáčku obrobku. Při soustružení se nástroj během jedné otáčky posune o hodnotu posuvu, proto lze stanovit rychlost posuvu na otáčkách vřetene.

$$v_f = f \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

v_f – posuvová rychlost [m.min⁻¹]

f – posuv za otáčku [mm]

Rychlost řezného pohybu

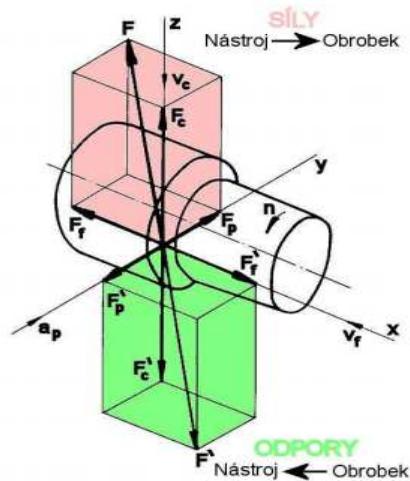
$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \quad (4)$$

v_e – rychlost řezného pohybu [m.min⁻¹]

1.4.2 Řezné síly

Řezný proces se realizuje jako výsledný proces působení složité silové soustavy mezi nástrojem a obrobkem. Identifikace této silové soustavy umožňuje optimalizaci řezných podmínek, s ohledem na průběh obrábění a stabilitu břitu nástroje.

Celková řezná síla vyvolaná působením řezné části nástroje na obrobek se označí symbolem F . Pro další úvahy je předpokládáno, že vektor celkové řezné síly F je umístěný do jednoho hlavního bodu ostří nástroje. Všechny roviny a směry potřebné k identifikaci celkové řezné síly F jsou definovány v tomto hlavním bodě ostří. Pro analýzu silových poměrů řezného procesu se celková řezná síla F rozkládá do příslušných geometrických složek. [6]



Obr. 16. Řezné síly a odpory při soustružení [6]

Kvantifikace řezných sil pomocí empirických vztahů

Výpočet složek celkové řezné síly je možné provést na základě empirických vyšetřených závislostí. Řezná síla F_c , posuvová síla F_f a pasivní síla F_p .

$$F_c = C_{F_c} \cdot a_p^{x_{F_c}} \cdot f^{y_{F_c}} \quad (5)$$

$$F_p = C_{F_p} \cdot a_p^{x_{F_p}} \cdot f^{y_{F_p}} \quad (6)$$

$$F_f = C_{F_f} \cdot a_p^{x_{F_f}} \cdot f^{y_{F_f}} \quad (7)$$

Konstanty a exponenty jsou pro dané podmínky řezného procesu stanoveny empiricky a jsou uvedeny ve strojírenských tabulkách.

Výsledná řezná síla F je pak dána vektorovým součtem.

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_p^2 + F_f^2} \quad (8)$$

Měrná řezná síla k_c je vyjádřena řeznou silou, vztaženou na jednotku plochy řezu. Je definována jako poměr řezné síly F_c a plochy jmenovitého průřezu třísky A_D .

$$k_c = \frac{F_c}{A_D} \quad (9)$$

Celkový výkon obráběcího stroje, potřebný pro pokrytí řezného výkonu a pasivních odporů stroje se vypočítá podle vztahu, kde F_c je řezná síla, v_c je řezná rychlost a η je mechanická účinnost obráběcího stroje.

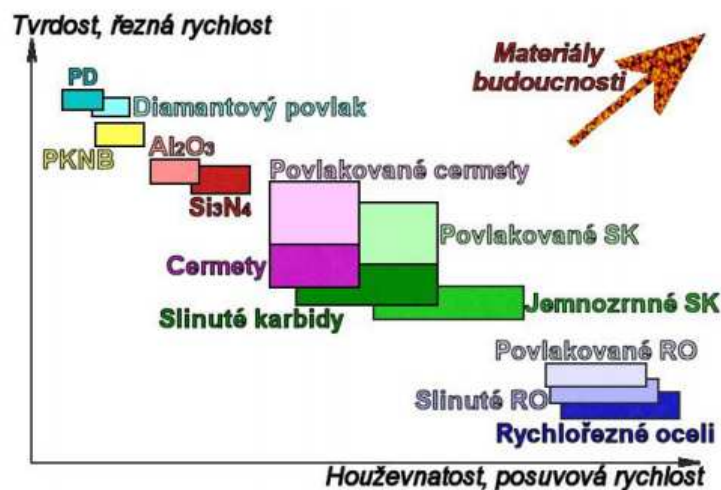
$$P_m = \frac{F_c \cdot v_c}{6 \cdot 10^4 \cdot \eta} \quad (10)$$

2 NÁSTROJE PRO SOUSTRUŽENÍ

2.1 Nástrojové materiály

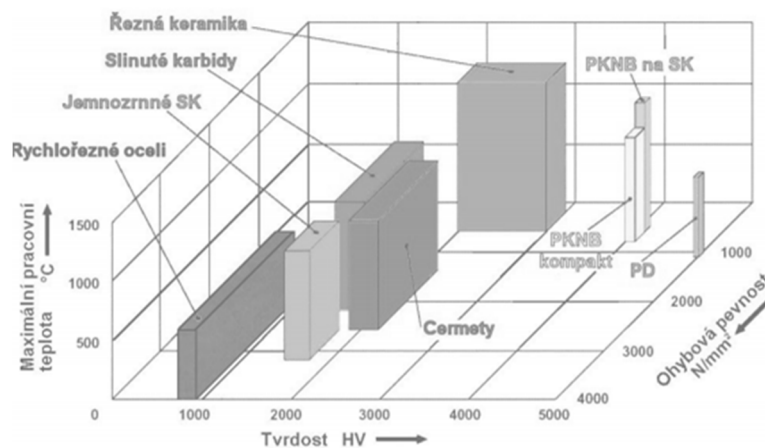
Současný, poměrně široký sortiment materiálů pro řezné nástroje, od nástrojových ocelí až po syntetický diamant, je důsledkem celosvětového, dlouholetého a intenzivního výzkumu a vývoje v dané oblasti. Má úzkou souvislost s rozvojem konstrukčních materiálů, určených pro obrábění i s vývojem nových obráběcích strojů, zejména s číslicovým řízením.

Na obrázku jsou schematicky uvedeny hlavní oblasti aplikace všech současných materiálů pro řezné nástroje, vyjádřené vztahem mezi základními řeznými podmínkami, jež odpovídá vztahu mezi jejich základními vlastnostmi. [2]



Obr. 17. Oblasti použitých řezných materiálů [2]

Obrázek specifikuje konkrétní hodnoty vybraných vlastností řezných materiálů.



Obr. 18. Hodnoty vlastností materiálů [2]

2.1.1 Nástrojové oceli

Na nástrojové oceli, podobně jako na ostatní řezné materiály jsou kladeny často protichůdné požadavky. Některé nástroje musí mít vysokou tvrdost a pevnost, u jiných se naopak tyto vlastnosti snižují, aby se získala dostatečně vysoká houževnatost. U nástrojů pracujících za tepla musí zůstat mechanické vlastnosti zachovány i za zvýšených teplot. U všech nástrojů je požadována vysoká odolnost proti abrazivnímu a adheznímu opotřeбенí, u některých i za zvýšených teplot.

U ocelí, na nástroje s většími průřezy nebo složitými tvary, je třeba zaručit také dostatečně velkou prokalitelnost. Nástrojové oceli se nejčastěji rozdělují podle chemického složení na nelegované, legované a vysokolegované oceli. [2]

Oceli	Nelegované	Legované	Vysokolegované (rychlořezné)
Označování	19 0xx ÷ 19 2xx	19 3xx ÷ 19 7xx	19 8xx
Obsah uhlíku [%]	0,5 ÷ 1,5	0,8 ÷ 1,2	0,7 ÷ 1,3
Obsah legujících prvků [%]	Celkem	< 1,0	10 ÷ 15
	Jednotlivé prvky	desetiny	jednotky
Legující prvky	Mn, Si, Cr	Cr, W, Mo, V, Mn, Si, Ni	W, Mo, Cr, V, Co
Kalící prostředí	voda	olej	vzduch
Tvrdost po kalení [HRC]	62 ÷ 64	66	64 ÷ 68
Užití	ruční nástroje a nářadí (nůžky, sekáče, pilníky, pilky na kov)	strojní nástroje pro nižší hodnoty v_c (např. protahovací trny)	strojní nástroje (nože, frézy, vrtáky, výstružníky, atd.)

Tab.1. Přehled vlastností u oceli.

2.1.2 Slinuté karbidy

K počátku dvacátého století se váže zjištění, že výborné funkční vlastnosti rychlořezných ocelí jsou dány přítomností velmi tvrdých karbidických částic v jejich kovové matici. Významní producenti nástrojových materiálů se proto snažili vyrobit materiál, u kterého by podíl tvrdých částic byl mnohem vyšší než u tehdy běžných rychlořezných ocelí. V důsledku omezení, způsobených klasickými metalurgickými postupy, však tato snaha nemohla být úspěšná. Materiály s vysokým obsahem karbidických částic (90% i více) začaly být úspěšně vyráběny až po zvládnutí technologie výroby metodou práškové metalurgie.

Průmyslovou výrobu slinutého karbidu rozvinula německá firma Krupp v roce 1926. V prvních aplikacích byl nový řezný nástroj vytvořen tak, že destičky ze slinutých karbidů byly pájeny do ocelových držáků.

V současnosti má již drtivá většina nástrojů mechanicky upínanou, vyměnitelnou břitovou destičku. Vývoj nástrojů s vyměnitelnými destičkami měl výrazný vliv nejen na rozvoj geometrie nástroje a utvařeče třísky, ale i na rozvoj nástrojových materiálů a rozšíření jejich sortimentu. Proto je přechod od pájených destiček k vyměnitelným, právem považován za



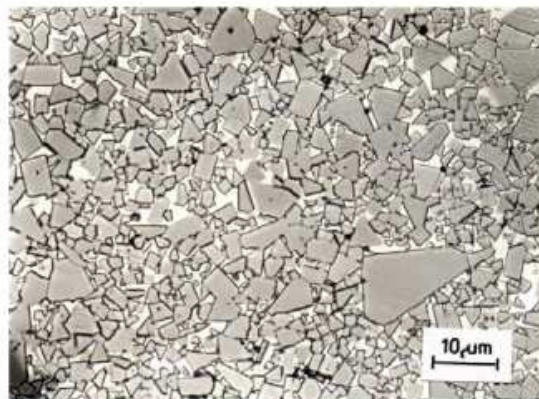
Obr. 19. Nepovlakované slinuté karbidy [7]

"revoluci" v novodobých dějinách vývoje řezných nástrojů. [2]

Slinuté karbidy jsou tvořeny částicemi tvrdých karbidů některých kovů, jako W, Ti a Ta, které jsou navzájem spojeny, zpravidla kobaltem. Poměrné množství jednotlivých druhů karbidů a kobaltu určuje pak vlastnosti slinutého karbidu. [7]

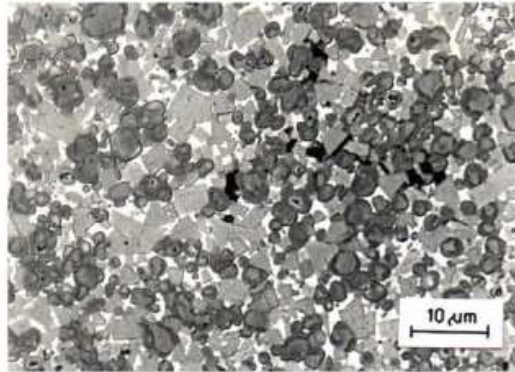
Současné standardní slinuté karbidy pro řezné aplikace jsou rozdělovány na základě jejich užití do třech skupin.

Skupina K – WC + Co + (TaC NbC). Určena pro obrábění materiálů, které vytvářejí krátkou, drobnou třísku.



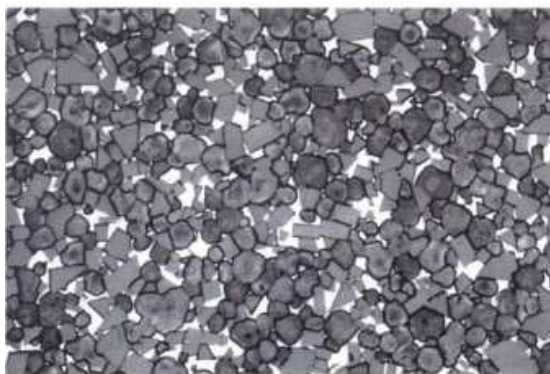
Obr. 20. Slinutý karbid skupiny K [2]

Skupina P – WC + TiC + Co + (TaC.NbC). Určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou třísku, jako jsou uhlíkové oceli, slitinové oceli, feritické a korozivzdorné oceli. [7]



Obr. 21. Slinutý karbid skupiny P [2]

Skupina M – WC + TiC + TaC.NbC + Co. Univerzální použití. Je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou a střední třísku, jako jsou lité oceli, austenitické korozivzdorné oceli a tvárné litiny. Vzhledem k relativně vysoké houževnatosti se SK této skupiny též často používají pro těžké, hrubovací a přerušované řezy. [7]



Obr. 22. Slinutý karbid skupiny M [2]

Výroba slinutých karbidů představuje typickou metodu oboru, nazývaného prášková metalurgie. Zabývá se přípravou prášků odpovídajících karbidů a pojících kovů, jejich mícháním v patřičných poměrech, lisováním směsi a slinováním výlisků. Podstatou procesu výroby slinutých karbidů je lisování směsi prášku tvrdých karbidických částic s práškem pojícího kovu, nejčastěji kobaltu a následné slinování při teplotě blízké bodu tavení pojiva. Tím vzniká kompaktní materiál, jehož tvrdost se blíží tvrdosti výchozích karbidů. Vyniká poměrně vysokou pevností (zejména v tlaku, současné produkty předních výrobců i pevností v ohybu), protože jeho struktura je tvořena pevnou kostrou pojícího kovu, která obklopuje zrna relativně křehkých karbidů. [2]

2.1.3 Povlakované slinuté karbidy

První povlakované břitové destičky ze slinutého karbidu pro obrábění vyrobila firma Sandvik Coromant v roce 1969.



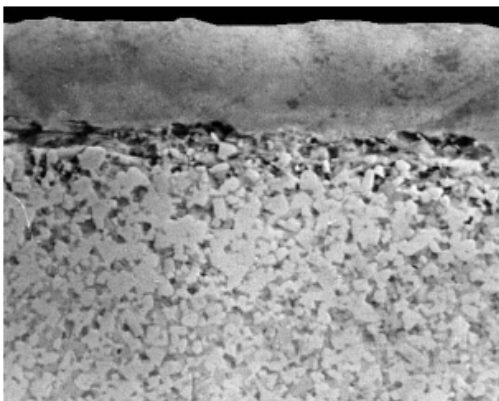
Obr. 23. Povlakované slinuté karbidy [7]



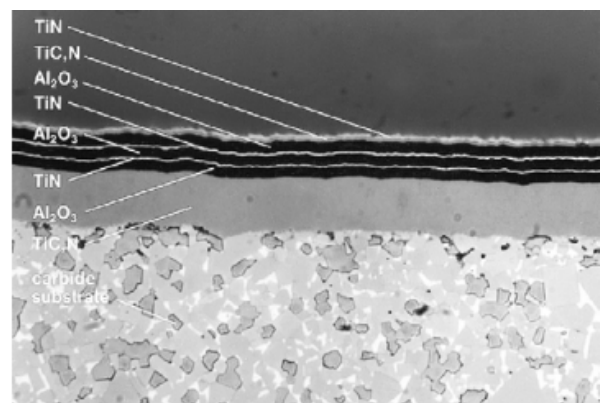
Obr. 24. Logo firmy Sandvik Coromant [7]

Povlak 1. generace – jednovrstvý povlak, téměř výhradně TiC, s tloušťkou asi $7\mu\text{m}$ a špatnou soudržností podkladu a povlaku.

Povlak 2. generace – jednovrstvý povlak (TiC, TiCN, TiN). Zdokonalení technologie výroby umožnilo vytvořit vrstvy povlaků o větší tloušťce, bez nebezpečí jejich odlupování při funkci nástroje.



Obr. 26. Povlak 2. generace [2]



Obr. 25. Povlak 3. generace [2]

Povlak 3. generace – vícevrstvý povlak s ostře ohraničenými přechody mezi jednotlivými vrstvami. Řazení vrstev odpovídá jejich vlastnostem tak, že jako první jsou na podklad obvykle nanášeny vrstvy s lepší přilnavostí k podkladu, které mají relativně nižší odolnost proti opotřebení. Jako poslední jsou nanášeny vrstvy, které nemusí mít dobrou přilnavost k podkladu.

Povlak 4. generace – speciální vícevrstvý povlak. Výroba takového povlaku je umožněna cíleným řízením atmosféry ve výrobním zařízení, podle potřeb.



Obr. 27. Povlak 4. generace [5]

Povlakované slinuté karbidy jsou vyráběny tak, že na podkladový materiál se nanáší tenká vrstva materiálu s vysokou tvrdostí a vynikající odolností proti opotřebení. Povlak ve formě tenké vrstvy má vyšší tvrdost i pevnost, než stejný homogenní materiál v jakékoli jiné formě.

Tyto výhodné vlastnosti vyplývají zejména z toho, že povlakový materiál neobsahuje žádné pojivo, má o jeden i více řádů jemnější zrnitost a méně strukturních defektů. Tvoří bariéru proti difúznímu mechanismu opotřebení nástroje.

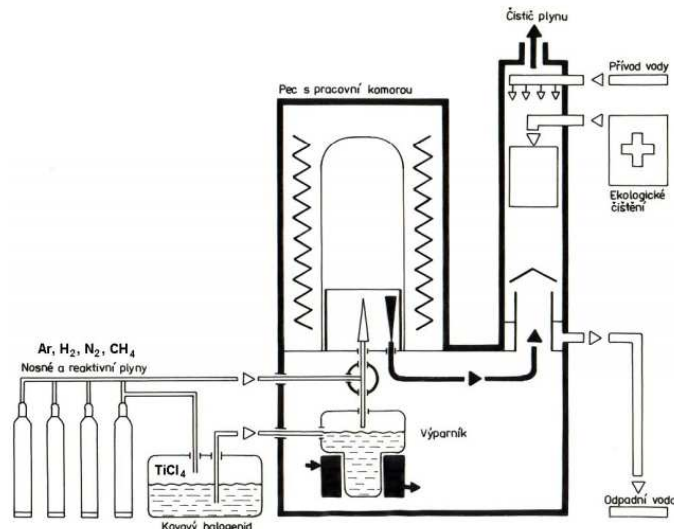
Podle principu se metody povlakování dělí do dvou základních skupin, CVD a PVD. [2]

Metoda CVD

Metoda CVD (Chemical Vapour Deposition) neboli chemické napařování z plynné fáze. Probíhá za vysokých teplot. Chemický proces povlakování je založen na reakci plynných, chemických sloučenin v bezprostřední blízkosti povrchu podkladového slinutého karbidu a následném uložení produktů reakce na tomto povrchu. [2]

Výhody CVD – adheze mezi podkladem a povlakem, možnost nanesení vrstev o větší tloušťce (10-13 μm), povlakování předmětů složitějších tvarů.

Nevýhody CVD – nemožnost napovlakovat ostré hrany a tahová zbytková napětí v povlaku.



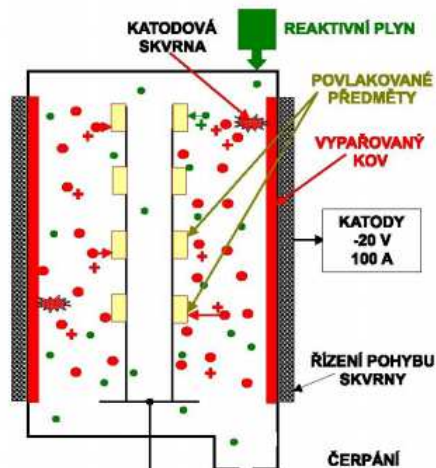
Obr. 28. Princip metody CVD [2]

Metoda PVD

Metoda PVD (Physical Vapour Deposition) neboli fyzikální napařování je charakteristická nízkými pracovními teplotami. V současné době se používá u břitvých destiček z SK, určených pro přerušovaný řez. Fyzikální proces povlakování probíhá ve středním až vysokém vakuu. [2]

Nevýhody PVD – vyžaduje mnohem důkladnější přípravu povrchu vzorku před povlakováním, tenčí vrstva povlaku a menší možnosti výběru typu povlaku.

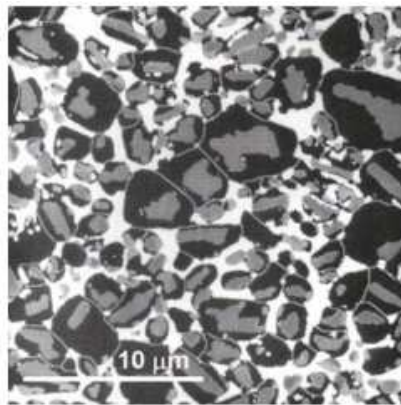
Výhody PVD – povlakování ostrých hran.



Obr. 29. Princip metody CVD [2]

2.1.4 Cermety

Materiál, jehož mechanické vlastnosti mají kombinaci vysoké tvrdosti a vysoké houževnatosti. Základní složení cermetů: TiC + TiN + Ni, Mo. Charakteristickou vlastností cermetů je nízká měrná hmotnost. Ve srovnání se slinutými karbidy jsou tyto hodnoty zhruba poloviční a jsou dány zejména tím, že cermety v drtivé většině neobsahují těžký karbid wolframu. Tvrdé částice cermetu vytvářejí zvláštní zrna, která obsahují jádro Ti, obalené lemy z komplexních karbonitridů. [2]



Obr. 30. Cermet na bázi TiCN [2]

Hlavní výhodou cermetů je jejich vysoká tvrdost, která zůstává zachována i při použití za zvýšených teplot. Lépe si udržují svůj tvar než slinuté karbidy. Jsou levnější než SK, mají vyšší chemickou stabilitu, odolnost proti oxidaci a tvorbě nárůstku. Většina, v současné době používaných cermetů je vyráběna na bázi TiC-TiN. [7]

Hlavní nevýhodou je nízká houževnatost, která je sice neustále zvyšována, ale přesto nedosahuje hodnot obvyklých u slinutých karbidů.



Obr. 31. Cermety [7]

Cermety jsou velmi rozšířenými řeznými materiály pro dokončovací obrábění ocelí. Jsou schopny vytvořit plochy s velmi nízkou drsností povrchu. S výhodou je lze použít i pro obrábění korozivzdorných ocelí, kde vykazují vyšší trvanlivost než nepovlakované slinuté karbidy. Nemohou být používány pro obrábění žáruvzdorných slitin s vysokým obsahem niklu. Většina, v současné době používaných cermetů je vyráběna na bázi TiC-TiN.

2.1.5 Keramické řezné materiály

Keramika je obecně charakterizována jako převážně krystalický materiál, jehož hlavní složkou jsou anorganické sloučeniny nekovového charakteru.

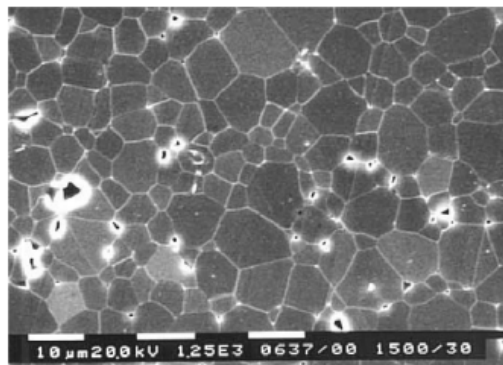
Keramiky je možné použít pro široký okruh aplikací, nejčastěji jsou využívány pro vysokorychlostní soustružnické operace, ale také pro zapichování a frézování. Při jejich správném použití umožňují specifické vlastnosti jednotlivých keramických tříd dosažení vysoké produktivity. Pro dosažení úspěšných výsledků jsou velice důležité znalosti o tom, kdy a jak keramické třídy používat. [7]



Obr. 32. Řezná keramika [7]

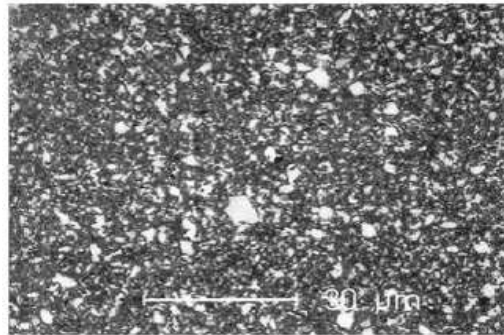
Keramické materiály se dělí následovně.

Oxidová keramika – skládá se z oxidu hlinitého (Al_2O_3), s přísadou oxidu zirkoničitého (ZrO_2), která brání vzniku a šíření trhlin. Takto vytvořený materiál je chemicky velice stabilní, ale postrádá odolnost proti tepelným šokům.



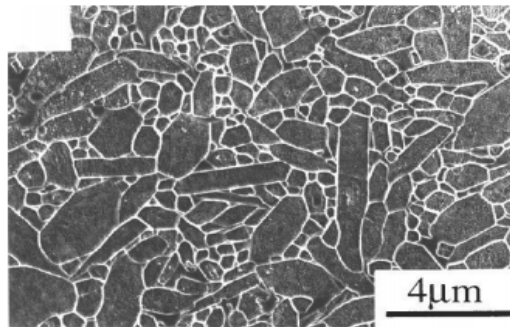
Obr. 33. Oxidační keramika [2]

Smíšená keramika – je vyztužená částicemi, konkrétně přísadou kubických karbidů nebo karbonitridů. Tím je dosaženo zvýšení houževnatosti a zlepšení tepelné vodivosti.



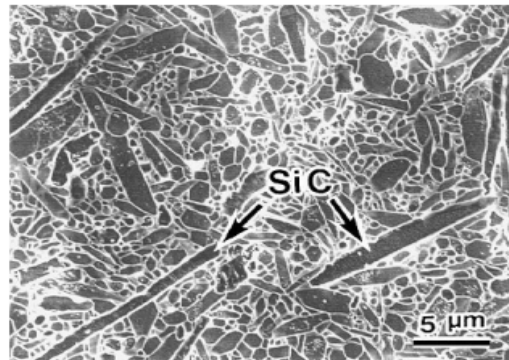
Obr. 34. Smíšená keramika [2]

Keramika z nitridu křemíku – (Si_3N_4) představuje další skupinu keramických materiálů. Krystaly podlouhlého tvaru tvoří materiál se schopností “samo vyztužení”, s vysokou houževnatostí. Třídy na bázi nitridu křemíku jsou velmi vhodné pro obrábění šedé litiny, ale nedostatečná chemická stabilita limituje jejich použití pro ostatní typy materiálů



Obr. 35. Keramika z nitridu křemíku [2]

Keramika vyztužená whiskery – vyznačuje se razantním nárůstem houževnatosti a umožňuje použití řezné kapaliny. Řezná keramika vyztužená whiskery je ideální pro obrábění slitin niklu.



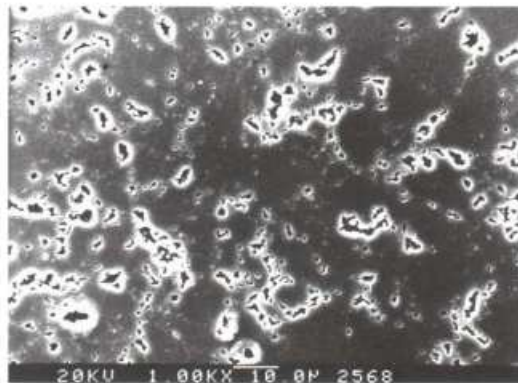
Obr. 36. Vyztužená keramika [2]

2.1.6 Super tvrdé řezné materiály

Super tvrdé materiály lze rozdělit na dvě podskupiny materiálů, a to polykrystalický diamant a polykrystalický kubický nitrid boru. Vzhledem k vynikajícím mechanickým vlastnostem lze PD i PKNB s výhodou použít jako řezné nástrojové materiály pro speciální aplikace.

Polykrystalický diamant

Polykrystalický diamant má poměrně nízkou teplotní stálost, při dosažení teplot nad 800 °C se mění na grafit. Nesmí být používán pro obrábění materiálů na bázi železa, kde by při nadměrném ohřevu docházelo k silné difúzi mezi nástrojem a obráběným materiálem, tím i k velmi rychlému opotřebení v důsledku probíhajících chemických reakcí, hlavně na čele nástroje. [2]



Obr. 37. Polykrystalický diamant [2]

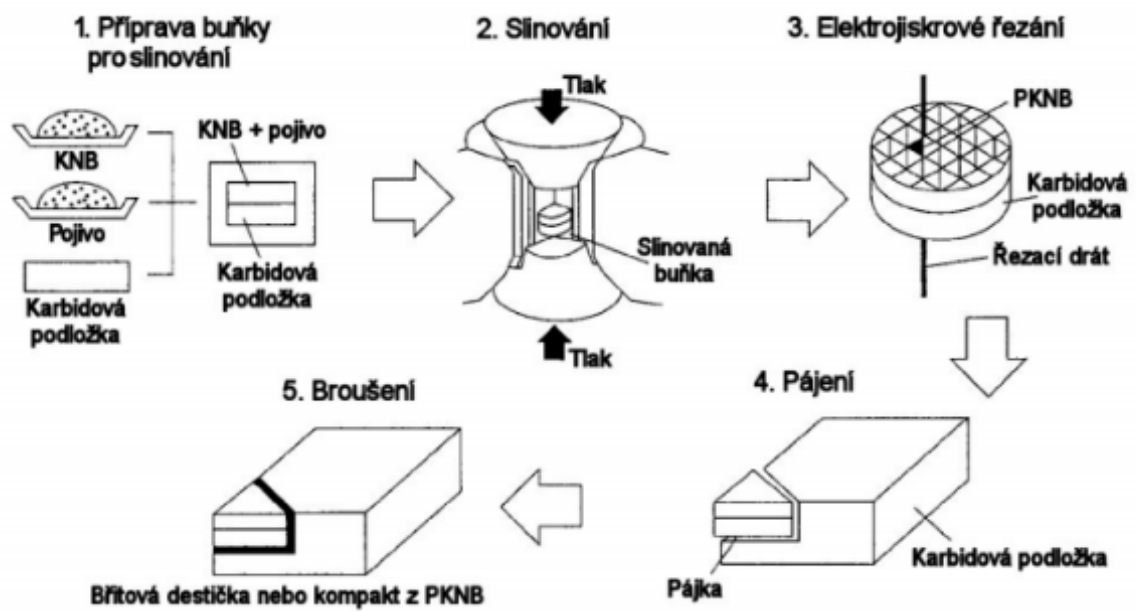
Aplikační možnosti PD při obrábění neželezných materiálů jsou velmi široké: hliníkové slitiny, zejména s vysokým obsahem křemíku, který působí na nástroj velmi silným abrazivním účinkem, bronzy, mosazi, kompozity vyztužené různými druhy vláken, titan a jeho slitiny, keramika, grafit, tvrdé přírodní materiály. [2]

Pro obrábění diamantovými nástroji je doporučováno chlazení běžnými řeznými kapalinami, na které nejsou kladeny žádné speciální požadavky. Nástroje z PD pracují obvykle za vysokých řezných rychlostí. Použitý obráběcí stroj musí mít vysoký výkon a tuhost.



Obr. 38. Polykrystalický diamant [7]

Průmyslově je diamant vyráběn z velmi čistého grafitu, kubický nitrid boru z nitridu boru. Postup výroby břitových destiček z PKNB je schematicky uveden na obrázku. Postup výroby břitových destiček z PD je analogický, rozdíl je pouze v tom, že diamantové destičky nejsou vyráběny ve formě kompaktních celků. [2]



Obr. 39. Postup výroby vyměnitelné břitové destičky [2]

2.2 Opotřebení břitu nástroje

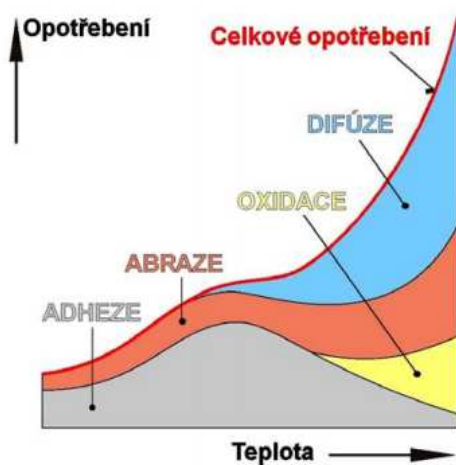
Při obrábění vzniká velké množství tepla, které se vyvíjí na ploše čela a hřbetu nástroje. Materiál břitu nástroje je tak tepelně namáhá.

Procesem utváření třísky se kontinuálně vytváří, při vysokém tlaku a teplotě, kokový povrch, který podléhá chemickým reakcím. Většina materiálů obsahuje tvrdé částice různého druhu, které se svou tvrdostí neliší od materiálu břitu nástroje. Tyto částice vyvolávají u nástroje brousící, případně abrazivní efekt.

Skloubením mechanických, tepelných, chemických a abrazivních faktorů dochází ke složitému zatěžování břitu nástroje, které se projevuje jeho opotřebením. [1]

2.2.1 Mechanismus opotřebení

Na základě analýzy zatěžujících faktorů břitu nástroje je možné identifikovat základní mechanizmy opotřebení.



Obr. 41. Vliv teploty na opotřebení. [1]



Obr. 40. Vliv řezných podmínek. [1]

2.2.2 Kvantifikace opotřebení

Opotřebení břitu je významný parametr řezného procesu. Kvantifikuje se rozměrovými charakteristikami, vztaženými k postupnému opotřebování břitu řezného nástroje. Kvantifikace parametrů opotřebení břitu se provádí měřeními na různých mikroskopických přístrojích s následným vyhodnocením. [2]

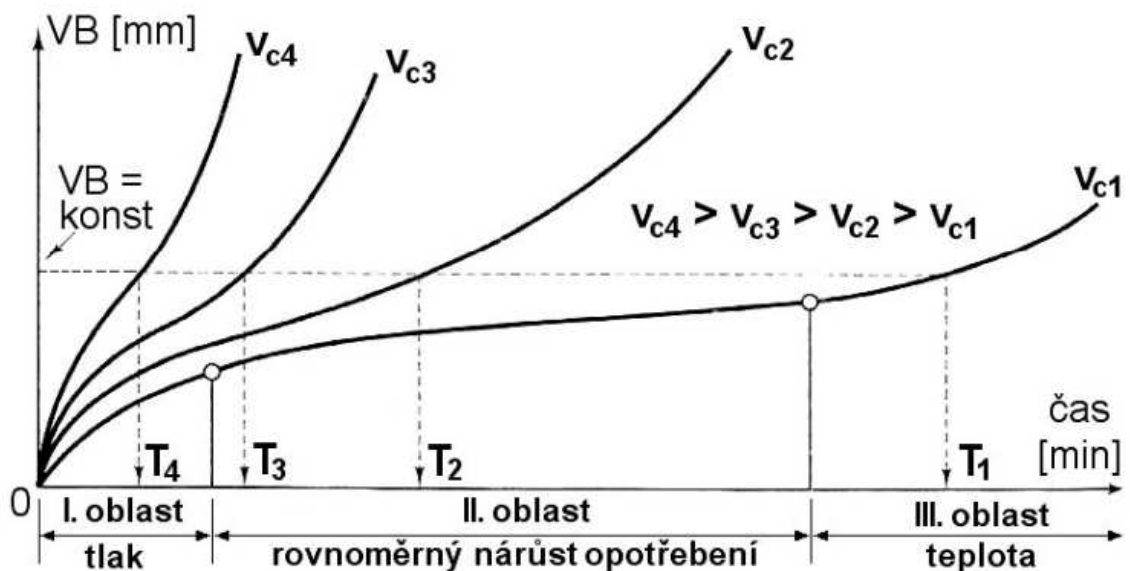
Časový průběh opotřebení

Po použití nového nástroje dochází k jeho postupnému opotřebování. Jednotlivé etapy opotřebování řezného nástroje lze rozdělit na jednotlivé časové oblasti. [1]

Oblast zrychleného záběhového opotřebení – souvisí se záběhem nástroje a je způsobeno vysokým měrným tlakem na vrcholcích nerovností nástroje.

Oblast lineárního opotřebení – dochází k lineárnímu nárůstu opotřebení a intenzita je konstantní.

Oblast zrychleného nadměrného opotřebení – spojena s limitní teplotou řezání a poklesem tvrdosti nástroje. Nastává velmi rychlé, většinou lavinovité opotřebování. [1]



Obr. 42. Časová závislost opotřebení pro různé řezné rychlosti [1]

2.3 Typy soustružnických operací

Pojmy soustružnický nástroj a soustružnická operace spolu úzce souvisí. Pod pojmem soustružnický nástroj rozumíme řezný nástroj používaný v procesu obrábění, tedy soustružnický nůž.

Pod pojmem soustružnická operace, je rozuměn úkon konaný soustružnickým nástrojem. Avšak ne každým soustružnickým nástrojem je možno provádět všechny soustružnické operace. Každý soustružnický nástroj má své specifika a lze jím provádět pouze určitou část soustružnických operací.



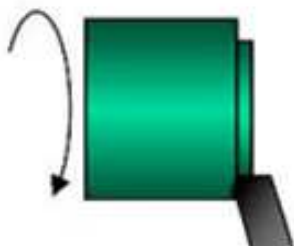
Obr. 43. Soustružnické operace s příslušnými nástroji. [12]

2.3.1 Soustružnické operace

Soustružnické operace jsou rozděleny do několika variant. Představují nám možné způsoby oddělování materiálu z obrobku, pomocí soustružnického nože.

Čelní soustružení

Tento způsob soustružení je využíván zejména u zarovnání čel obrobků. Využívá se jako hrubovací a dokončovací operace. K soustružení čelních ploch se používá nejčastěji ubírací nůž se šestihrannou vyměnitelnou břitovou destičkou.



Obr. 44. Čelní soustružení

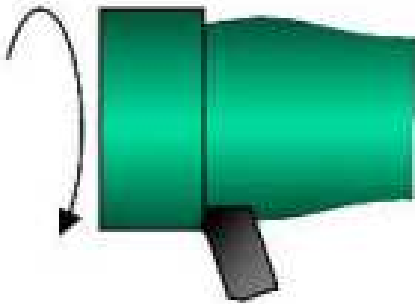


Obr. 45. Hrubovací nůž – pravý [12]

Vnější soustružení

Tento způsob soustružení se využívá pro soustružení vnějších ploch obrobku. Jedná se o princip, kdy daný soustružnický nůž se k obrobku blíží z jeho vnější strany. Dochází tak k oddělování materiálu a zmenšování vnějšího průměru obrobku. Výsledkem jsou vzniklé tvary na vnějším průměru obrobku, kuželová plocha nebo konstantní průměr po celé délce obrobku. Jsou zde používány operace hrubovací a dokončovací.

Pro hrubování se často využívá hrubovací nástroj jako při čelním soustružení. Pro dokončování se používá nástroj s odlišnou, vyměnitelnou břitovou destičkou.



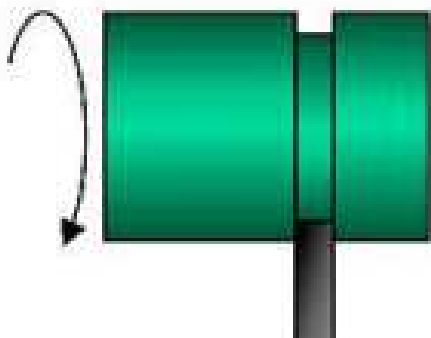
Obr. 47. Vnější soustružení



Obr. 46. Dokončovací nůž – pravý [12]

Zapichování

Zapichovací operace souloží k vytvoření drážky na daném obrobku. Zapichovací nůž koná pohyb k obrobku, ve kterém postupně vzniká drážka na jeho vnějším průměru. Mezi zapichovací operace je též zařazena operace upichování. Při upichování dochází pomocí upichovacího nože k celkovému oddělení obrobku od zbytku upnutého materiálu. Pro zapichování a upichování se využívají vyměnitelné břitové destičky se speciální geometrií.



Obr. 49. Upichovací operace

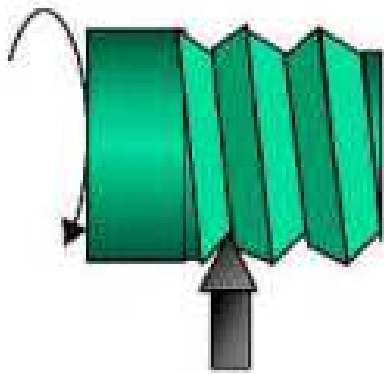


Obr. 48. Upichovací nůž [12]

Soustružení závitů

Pokud daný obrobek obsahuje závit, využívá se v soustružení operace tvorby závitů. Závitů jsou rozděleny na vnější a vnitřní, právě podle toho, kde se na daném obrobku nachází.

Závit je tvořen pomocí závitové, vyměnitelné, břitové destičky.



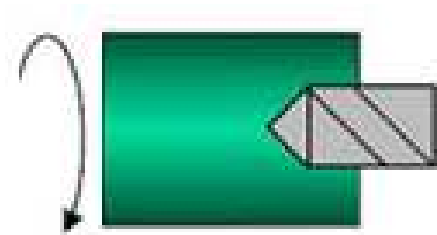
Obr. 51. Soustružení závitů



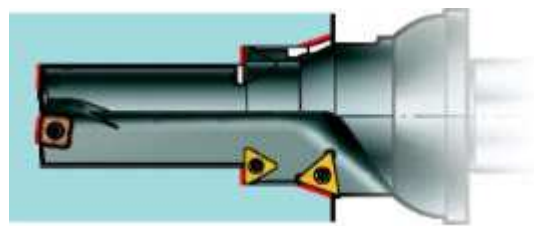
Obr. 50. Závitové nože – vnitřní a vnější [12]

Vrtání

Tvorba děr patří mezi základní operace v soustružení. Míst pro umístění daného otvoru na obrobku existuje velké množství. Jako příklad postačí základní otvor, vyhotovený na čele obrobku. Jako nástroj je použit vrták, který je pevně upevněn v zásobníku nástrojů a tento nástroj najíždí na osu rotujícího obrobku. Postupným zanořováním v ose obrobku vrták proniká do obrobku a vzniká tak daný otvor.



Obr. 52. Operace vrtání

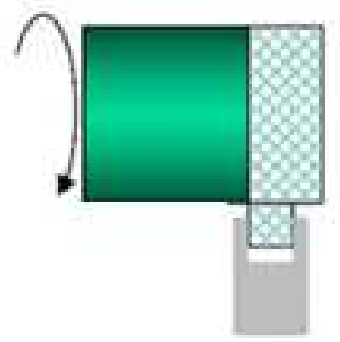


Obr. 53. Vrtací nástroj – speciál [12]

Vroubkování

Slouží jako zdrsňování povrchu součástí - drážky, rukojeti, matice, aby se lépe držely rukou. Používá se pro opravu volného uložení. Vroubkováním nebo rýhováním se vytlačuje materiál ven, takže průměr na rýhování nebo vroubkování soustružíme vždy menší. Hodnoty najdeme v tabulkách.

Rýhujeme a vroubkujeme pomocí rýhovacích nebo vroubkovacích rádél, obsahující kolečka, která jsou kalená. U krátkých ploch ustavíme rádlo kolmo k ose obrábění a příčným posuvem vtlačíme kolečka do obrobku.



Obr. 55. Operace rýhování



Obr. 54. Rýhovací rádlo [12]

3 ZÁKLADY UPÍNÁNÍ PŘI SOUSTRUŽENÍ

3.1 Upnutí obrobku

Při upínání obrobku u soustružení se musí dbát na tvar a rozměr obrobku. Dále musíme přihlížet na poměr délky k průměru, jeho hmotnost, požadovanou přesnost obráběné plochy a také na typ soustruhu.



Obr. 56. Upnutí obrobku

Upínání obrobků na CNC soustruzích se provádí pomocí samosvorných sklíčidel mezi hroty s čelním unášením. Tyčový materiál se upíná do kleštin a také pomocí přípravků. Při samotné obráběcí operaci působí vysoké odstředivé síly, proto je kladen větší požadavek na upínací sílu. Ta je regulována automatickým systémem. Z bezpečnostních důvodů je také kontrolována čidlem.

3.1.1 Univerzální sklíčidlo

Univerzální sklíčidlo je nejčastěji užívaným upínacím prostředkem na soustruhu. Využívá se v kusové i sériové výrobě. Slouží jak k upnutí válcových součástí menších rozměrů, tak i obrobků větších rozměrů. U nich je ale nutné použít hrot koníku, o který se opře druhý konec součásti. Součásti lze upínat za vnější i vnitřní plochu.

Podle počtu pohyblivých upínacích čelistí rozeznáváme tříčelist'ová, čtyřčelist'ová a méně častá dvoučelist'ová sklíčidla. Aby při působení upínacích a řezných sil při soustružení nedocházelo k deformaci obrobku, je nutné upínat do univerzálního sklíčidla pouze ty obrobky, které jsou dostatečně tuhé.

Taktěž vyložení obrobku by nemělo překročit pětinasobek jeho průměru. Jinak musíme volný konec obrobku podepřít otočným hrotem koníku.



Obr. 58. Univerzální sklíčidlo



Obr. 57. Čtyřčelistové sklíčidlo

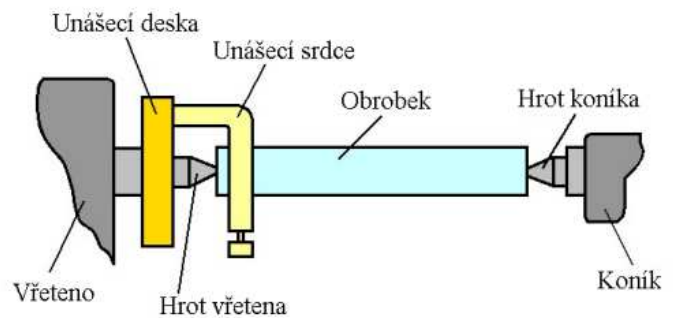
3.1.2 Upínání mezi hroty

Způsob upínání obrobků mezi hroty vřetena a koníka se používá pro obrobky delších rozměrů, u kterých je navíc vyžadována vyšší přesnost obrábění. Ještě před samotným upnutím se obrobek musí zarovnat na požadovanou délku a na jeho čelech vyvrtat středící důlky, které mají normalizované tvary a velikosti.

Při velkém poměru délky k průměru je zapotřebí obrobky podepřít opěrami neboli lunetami.



Obr. 59. Opěra obrobku



Obr. 60. Způsob upnutí obrobku mezi hroty

3.1.3 Kleština

Tato metoda slouží pro upínání součástí z tyčového materiálu menších průměrů. Používá se hlavně v sériové a hromadné výrobě. Otvor v kleštině se tvarem přizpůsobí tvaru obrobku, který se do ní upíná za vnější válcovou plochu. To usnadňuje samotnou práci kleštiny, která se nemusí rozevírat více, než je třeba a tím je i její sevření snadnější a rychlejší.

Kleština je ocelové, kalené pouzdro kuželového tvaru. Její čelisti vzniknou tak, že se po jejím obvodu do necelé její délky několikrát nařízne. Čelisti se svírají a zároveň tím upínají materiál, pomocí tažného šroubu, který kleštinu vtáhne do kuželové dutiny tělesa hlavy. Aby nebylo třeba velké posouvací a upínací síly vůči materiálu, tak kleština a dutina tělesa hlavy na sebe nedosedají celou plochou, ale jen okraji.



Obr. 61. Kleštiny pro různé průměry materiálu

3.1.4 Upínací deska

Upínací deska se používá pro upnutí rozměrnějších a těžších obrobků, především nepravidelných tvarů, a to zejména v malosériové a kusové výrobě. Slouží pro upínání obrobků velkých průměrů, kde už nelze použít univerzální sklíčidlo.

Upínací deska je svým vzhledem i funkcí podobná univerzálnímu sklíčidlu. Liší se ale tvarem, velikostí, rozsahem použití a samotnou konstrukcí upínačů. Avšak největším rozdílem mezi nimi je, že upínací deska umožňuje každou upínací čelist samostatně přestavovat. To znamená, že každou čelist lze nastavit různě podle potřeby vzdálenosti.



Obr. 62. Upínací deska

3.2 Upnutí nástroje

Upínání nástrojů na CNC soustruhu je realizováno za pomoci různých typů držáku. Tyto držáky si jsou charakteristické svou schopností upnout různé nástroje. Držáky společně s nástroji jsou dále upínány do otočné revolverové hlavy, kde jsou ustaveny, seřizeny a připraveny pro použití při výrobě.

3.2.1 Držáky na nástroje

Držáky na nástroje pro CNC soustruh se rozdělují podle typu upínaného nástroje, dále u některých zda je nástroj pravý či levý.

Držáky na soustružnické nože – Používají se pro upínání soustružnických nožů různý typů a dělí na pravý a levý.



Obr. 63. Pravý a levý držák

Držáky na nože s válcovou stopkou – Nože mají válcovou stopku (na rozdíl od běžných konvenčních strojů) a na ní jsou pouze plošky pro aretaci nože. Podle velikosti nože můžeme mít držáky s různým průměrem upínacího otvoru.



Obr. 64. Držáky na nože s válcovou stopkou

Držáky pro vrtáky s vyměnitelnými plátky – Mají masivnější obal kvůli většímu úběru materiálu. Kanálky pro rozvod chladící a mazací emulze jsou řešeny vnitřkem nástroje.



Obr. 65. Držáky na vrtáky

Držáky kleštinové – Slouží k upínání nástrojů s válcovou stopkou. Stopka nástroje nemusí mít přesný rozměr. Průměry kleštin jsou odstupňovány a dokážou se stáhnout v rozmezí jednoho milimetru.



Obr. 66. Kleštinový držák

Skličidlové držáky – Pro upínání nástrojů s válcovou stopkou můžeme použít vrtací sklíčidla. Tyto se vyrábí v různých velikostech podle průměru stopky upínaného nástroje.



Obr. 67. Skličidlové držáky

Planžetové držáky – V případě že při upichování a zapichování nebudeme používat nůž ale upichovací planžetu je nutno použít planžetový držák. Výhodou je možnost nastavení vysunutí planžety a tím hloubky zápichu. Může být levý a pravý.



Obr. 68. Pravý a levý planžetový držák

Držáky typu Veldon – Pro upínání nástrojů s přesnou válcovou stopkou průměru můžeme použít držák typu Veldon. Toto upnutí je přesné a pevné ale nástroje musí být opatřeny na stopce ploškou pro aretaci šroubem.



Obr. 69. Držák typu Veldon

3.2.2 Otočná revolverová hlava

Při upínání nástrojů na CNC strojích jsou nejčastěji využívány otočné revolverové hlavy. Hlava je natočena do požadované polohy a zvolený nástroj se zapojí do výroby. Tento způsob je využíván u revolverových, svislých i automatických soustruhů. Umožňuje upínat nejen soustružnické, ale i vrtací nebo obráběcí nástroje.



Obr. 70. Otočná revolverová hlava [13]

4 ZÁKLADNÍ TYPY STROJŮ PRO SOUSTRUŽENÍ

Soustruh je obráběcí stroj, na němž se obrábí výrobek odborně nazývaný obrobek na požadovaný rotačně souměrný tvar. Základem tohoto druhu obrábění je hlavní pohyb obrobku, tedy rotační pohyb.

Obrobek je upnut do rotační části stroje. Pohyb nástroje bývá přímočarý, a to buď ve směru osy obrobku - axiální posuv, nebo ve směru kolmém na osu obrobku - pohyb radiální. Oba tyto pohyby mohou být vykonávány současně. Posun pracovního nástroje může být prováděn manuálně nebo strojně, s tím, že strojní posun může být předem naprogramován a přímo řízen pomocí počítače.

Stroj otáčí obrobek, pracovní nůž se posouvá a postupně odebírá jednotlivé vrstvy materiálu z povrchu či vnitřku obrobku.

4.1 Univerzální hrotový soustruh

Základními částmi univerzálního hrotového soustruhu jsou: lože, vřeteník, koník, suport, suportová skříň, posuvová a závitová převodovka, elektromotor.

Princip: Po vedení lože se pohybuje suport nebo koník. U tohoto druhu soustruhu je vodící šroub. Ten se používá k odvození podélného posuvu jen při řezání závitů nožem. Soustruhy se používají na obrábění vnějších i vnitřních válcových ploch, k obrábění kuželů, tvarových rotačních těles, řezání závitů.

Obrobky se upínají do sklíčidla, hrotů nebo na trny. Mají velký rozsah otáček i posuvů.



Obr. 71. Univerzální hrotový soustruh [9]

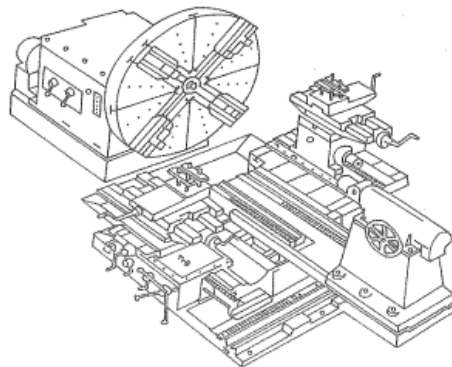
4.2 Hrotové soustruhy

Hrotové nebo taky produkční soustruhy nemají vodící šroub. Používají se hlavně pro hrubovací, ale také na dokončovací, jednoduché práce. Jejich rozsah otáček a posuvů je menší než u soustruhů univerzálních. Mají zvýšenou tuhost.

Velikost hrotových soustruhů je posuzována hlavně podle maximálního průměru součástí, kterou lze na nich obrobit. [9]

4.3 Čelní soustruhy

Slouží k obrábění obrobků velkých průměrů a malé délky. Jejich charakteristickým znakem je, že obrobek se upíná na lícni desku a nemají koníka.



Obr. 72. Čelní soustruh [9]

4.4 Revolverové soustruhy

Revolverové soustruhy jsou určeny hlavně pro výrobu součástí v menších a středních sériích, velikost revolverových soustruhů se určuje podle největšího průměru tyče, která projde vřetenem. Jsou malé, střední a velké.

Nástroje se upínají do revolverové hlavy. Ta může mít vodorovnou osu s 12-16ti nástroji nebo svislou s 6ti nástroji na bocích.

Obrobky se na těchto strojích obrábějí při jednom upnutí postupně, více nástroji revolverové hlavy a také nástroji, upnutými na suportu. Jde především o nástroje pro obrábění válcových povrchů a nástroje pro obrábění děr. Součásti se obrábějí při jednom upnutí postupně, s využitím nástrojů v jednotlivých polohách hlavy.

Na revolverových soustruzích je možno soustružit podélně i příčně a v ose obrobku vrtat, vyvrtávat, vystružovat, řezat závity apod. Při řezání závitu je nůž veden výměnnou vodící

patronou, jejíž otáčky jsou odvozeny odpovídajícím převodem od vřeten a která posouvá čelist spojenou s držákem nože. Nůž je upevněn na výkyvné páce a čelist se uvádí do záběru ručně.

Výchozím polotovarem je buď tyčový materiál, který se upíná do kleštin, nebo výkovky, výlisky a odlitky upínané do sklíčidel. Řízení pracovního cyklu nástrojů vykonává obsluha stroje, nebo je pracovní cyklus automatizován. [9]



Obr. 73. Revolverový soustruh [9]

4.5 Svislé soustruhy

Na svislých soustruzích se obrábějí vnější a vnitřní válcové plochy, kuželové plochy, řezou závity, případně soustruží tvarové plochy, pokud je stroj vybaven kopírovacím zařízením. Jako zvláštní příslušenství mají někdy naklápěcí broušící vřeteník pro broušení vnějších i vnitřních povrchů. Vyznačují se poměrně malými otáčkami otočného stolu, na který se upíná obrobek konající hlavní řezný pohyb. [8]



Obr. 74. Svislý soustruh [8]

4.6 Automatické soustruhy

Automatický soustruh se používá ve velkosériové a hromadné výrobě. Výchozím polotovarem jsou obvykle tyče, jejichž celý pracovní cyklus včetně podávání je automatizován. Číslíkově řízený soustruh neboli NC (Numerical control), tj. číslicové řízení. Je řízen číselnými příkazy zaznamenanými děrováním na papírovou děrnou pásku, nebo uloženými do vnitřní paměti řídicího systému. Širší možnosti má systém CNC (Computer Numerical Control), jehož základem je malý počítač. Program lze upravovat i během obrábění.



Obr. 75. Automatický soustruh [13]

5 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE

Teoretická část přibližuje technologii soustružení. Zaobírá se základy řezného procesu. Definuje pojmy v technologii soustružení, jako je nástroj, polotovar, základní pohyby nástroje a obrobek.

Je zde hovořeno zejména o fyzikálních, energetických a kinematických souvislostech při soustružení. Od teorie tvoření a vzniku třísky při řezném procesu, plastické deformace v oblasti tvoření třísky, typy třísky až po tepelnou bilanci procesu řezání nebo teplotu řezání. Představuje pohlednutí za základními charakteristikami řezného procesu. Kinematika přibližuje řezné síly vznikající při soustružení nebo jednotlivé kinematické veličiny související se soustružením.

Další část se zabývá nástroji a stroji, které se využívají v technologii soustružení. Nástroje jsou zde rozděleny podle typu soustružnické operace, pro kterou jsou určeny. Hlavní roli hraje též opotřebení nástroje. Nástroje jsou rozděleny podle typu materiálu, ze kterých jsou vyrobeny.

V poslední řadě se teoretická část zaměřuje na upínání nástrojů při soustružení. Definuje jednotlivé možnosti upínání obrobku při soustružení. Představuje typy soustružnických strojů. Rozdělení strojů podle potřeby a představení jejich základních vlastností a charakteristik.

Cílem praktické části bude vytvořit databázi soustružnických nástrojů. Představit modelování běžného soustružnického nástroj, včetně těla nože a vyměnitelné břitové destičky. Ukázat přípravu nástroje speciálního, který je tvarově složitý a NX nástroj nedokáže plnohodnotně nahradit při simulaci.

Dalším cílem bude implementovat nástroje do knihovny nástrojů. Takto připravenou knihovnu rozšířit o další typy nástrojů. Ukázat možnost využití šablony, do které danou knihovnu soustružnických nástrojů bude zahrnuta a připravit ji pro následné využití při práci.

Na závěr vytvořenou knihovnou soustružnických nástrojů, demonstrovat na zadání v podobě tvarově rotačního dílce.

II PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

KOVÁRNA VIVA a.s. je přední českou průmyslovou kovárnou. Specializuje se na výrobu zápusťkových výkovků z legovaných, mikrolegovaných, uhlíkových a konstrukčních ocelí. Hmotnostní rozmezí výrobků se pohybuje mezi 0,10-20,00 kg.

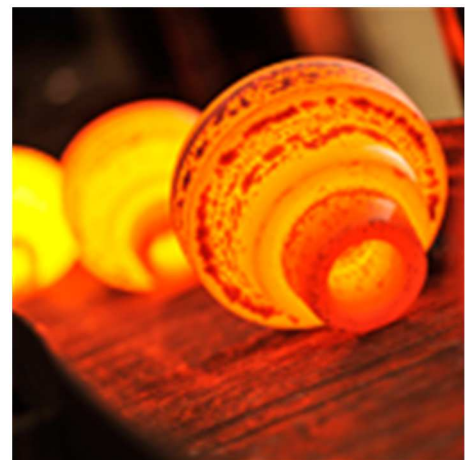
Svým zákazníkům, předním výrobcům z EU, poskytuje komplexní výrobní program pro zápusťkové výkovky, a to od návrhu konstrukce výkovku až po jeho finalizaci, tj. chemicko-tepelné zpracování, obrábění výkovků, povrchové úpravy – barvení, zinkování, niklování a logistické služby. Vyrábí široký sortiment zápusťkových výkovků v dobrém poměru ceny a kvality.

Díly jsou vyráběny s vysokou přesností, složité geometrie, malých i velkých sérií, ze standardních i speciálních materiálů. Nacházejí použití např. v automobilech (převodovky, podvozkové díly), hydraulice a zemědělství.

KOVÁRNA VIVA a.s. vyrábí také tzv. bezpečnostní díly. Celý proces výroby je důkladně kontrolován dle požadavků TS 16949 a ISO 14001.



Obr. 77. Logo Kovárna VIVA a.s.



Obr. 76. Výkovek

7 SEZNAM POUŽÍVANÝCH NÁSTROJŮ

Praktická část je zaměřena na soustružnické operace a nástroje. Nástrojárna vlastní strojový park, mezi které patří i velká škála soustruhů různého typu a parametrů. Je vybavena i příslušnými nástroji pro tyto soustruhy. Jedná se o řadu různých typů soustružnických nástrojů. Každý tento nástroj je potřebný pro jiný typ soustružnické operace.

Stroje jsou využity ke zhotovení zadání, které nástrojárna dostane za úkol vyrobit. Zadání je převzato z technického útvaru ve formě výkresu a technologického postupu. Nástrojárna je vybavena nejen příslušnými stroji, schopnými zhotovit tuto zakázku, příslušnou zkušenou a kvalifikovanou obsluhou, ale i vybavením k tomu potřebným. Mezi základní vybavení patří nástroje. Jedná se o finančně náročné vybavení stroje. Pro práci s nástroji je nutné mít proškolenou obsluhu. Při neodborném zacházení by následně mohlo dojít ke škodám na samotném nástroji, stroji nebo výrobku.

Důležitou roli hraje sortiment výrobků, na které se daná nástrojárna zaměřuje. V tomto případě budou požadovanými výrobky rotační zápustky. Jde o rotační díly, které se vyrábí na soustruhu. Jsou zde využity různé typy soustružnických operací, od těch základních, kdy soustružnický nůž provádí zarovnání čela nebo soustružení průměru, až po ty náročnější jako je vrtání, čelní zapichování nebo hrubování dutin.

K těmto účelům jsou potřeba odlišné typy nástrojů. Každý tento typ nástroje se od těch jemu podobných liší svými parametry. Pokud je hovořeno o obrábění rotační zápustky, dominují zde zejména nástroje pro zarovnání čela, obrábění průměru, zhotovení zápichu a soustružení dutiny.

Byly vybrány čtyři základní typy soustružnických nástrojů. Jedná se o typy soustružnických nožů, využívaných při výrobě rotačních zápustek. Výběr byl uskutečněn na základně typu operací potřebných k výrobě zápustky.

#	Označení nástroje	Obchodní název	Kategorie	Typ operace
1	Trigon_R0.8	PWLNL 2525M-06	Tělo nástroje	Vnější soustružení
		WNMZ 06T304-RF	VBD	
2	Tinzit_55ST_R0.8	PDJNL 2020K-11	Tělo nástroje	
		DNMG 110408-PF	VBD	
3	Ecocut_20_R1.2	DR-MF-16L-2.25D-20A-08	Tělo nástroje	Vnitřní soustružení
		XCMT 080304-MF	VBD	
4	Heliface_S4_R2_34_40	HFAIL 34-4T18	Tělo nástroje	
		HFPL 4020	VBD	

Tab. 2. Databáze nástrojů

8 TVORBA MODELŮ NÁSTROJŮ VČETNĚ TĚLA NOŽE

V prvním příkladu bude představen jednoduchý případ nástroje a vyměnitelné břitové destičky. Nástroj bude modelován přímo v prostředí NX. Jedná se o soustružnický nůž předem známých rozměrů, který však není složitý svým tvarem. Jeho rozměrové detaily při modelování nezapříčiní komplikace v případě nesprávného namodelování tohoto nástroje.

Vymodelován bude nástroj a samostatně vyměnitelná břitová destička. Tyto dva komponenty budou následně přeneseny do sestavy, kde budou vazbeny, uloženy a následně přeneseny do obráběcího prostředí NX.

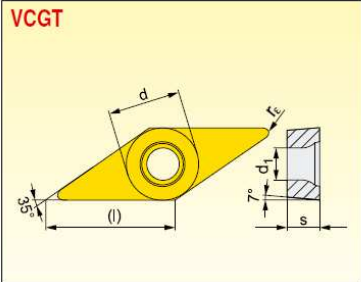
8.1 Běžný typ nástroje

V katalogu výrobce je uveden daný nástroj. Jsou zde zvýrazněny jeho základní parametry. Tvarově nenáročné nástroje a vyměnitelné břitové destičky budou modelovány pomocí uživatele. U tvarově a geometricky náročných komponent využijeme 3D modely od výrobce z důvodu bezpečnosti a zmenšení rizika výskytu chyby. Vazby a uvedení do knihovny je stále však na uživateli.

8.1.1 Model VBD

Hlavním bodem je vyměnitelná břitová destička. Důležité parametry jsou: tvar, rozměr a rádius špičky břitové destičky. Tyto i jiné parametry jsou předem známy z katalogu výrobce a budou vyžity jako výchozí parametry při tvorbě jednotlivých komponent.

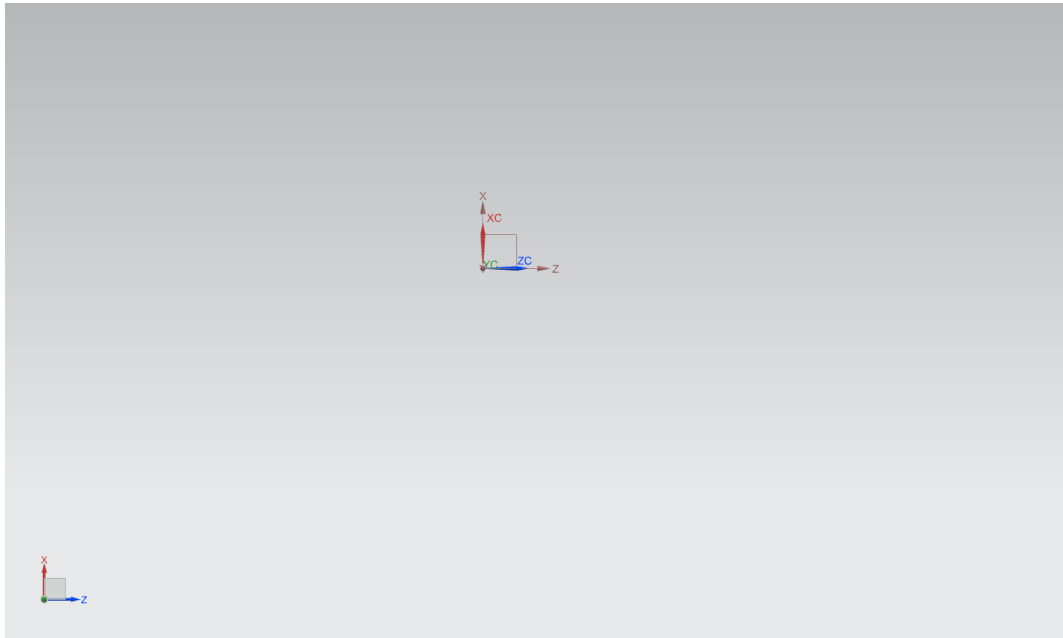
Velikost Velikost	l)	d	d ₁	s	Rádius		Posuv na ot.		Hloubka řezu	
					r _e	f _{min}	f _{max}	a _{p min}	a _{p max}	
1103	11,1	6,350	2,80	3,18	0,2	0,06	0,10	0,3	2,8	
1604	16,6	9,525	4,40	4,76	0,4	0,10	0,20	0,4	2,8	
					0,2	0,06	0,10	0,3	4,0	
					0,4	0,10	0,20	0,4	4,0	
					0,8	0,15	0,40	0,8	4,0	
					1,2	0,15	0,60	1,2	4,0	

Utvařec Utvařec	ISO	ANSI	Materiály / Materiály										Rádius Rádius	Posuv na ot. Posuv na ot.	Hloubka řezu		
			8016	HF7											a _{p min}	a _{p max}	
	VCGT 110302F-AL	VCGT 22(0.5)F-AL	●	●									0,2	0,06	0,10	0,3	2,8
	VCGT 110304F-AL	VCGT 221F-AL	●	●									0,4	0,10	0,20	0,4	2,8
	VCGT 160402F-AL	VCGT 33(0.5)F-AL	●	●									0,2	0,06	0,10	0,3	4,0
	VCGT 160404F-AL	VCGT 331F-AL	●	●									0,4	0,10	0,20	0,4	4,0
	VCGT 160408F-AL	VCGT 332F-AL	●	●									0,8	0,15	0,40	0,8	4,0
	VCGT 160412F-AL	VCGT 333F-AL	○	●									1,2	0,15	0,60	1,2	4,0

Nástroje viz str. / Nástroje viz str.: 91-95, 108, 109

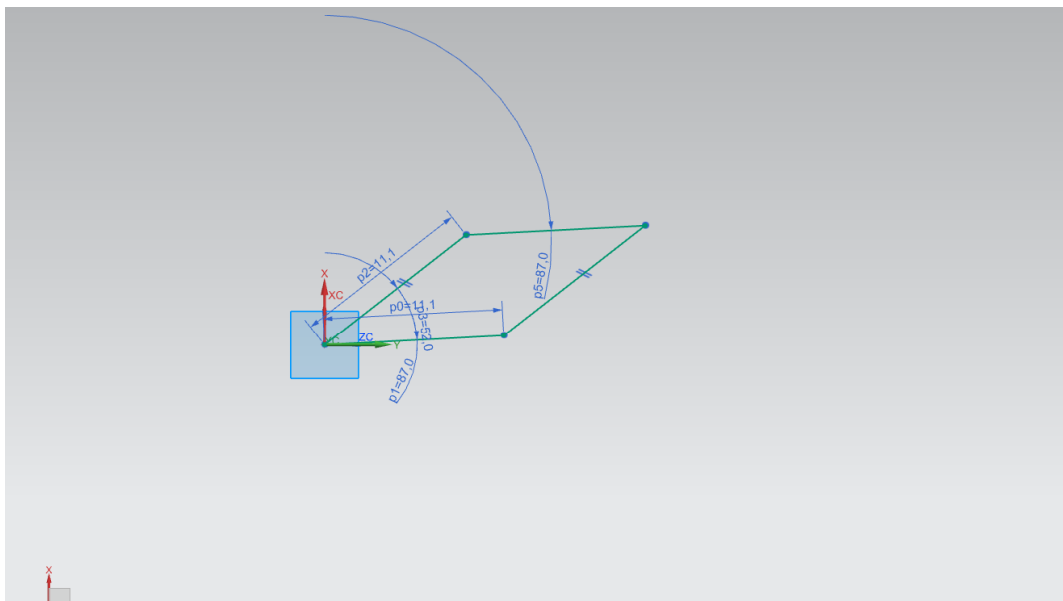
Obr. 78. Detaily VBD dané výrobcem

V první řadě je důležitá orientace souřadného systému. Ten by měl odpovídat reálnému uložení vyměnitelné břitové destičky vůči obrobku. Kladné hodnoty osy Z směřují od nulového bodu obrobku směrem doprava a kladné hodnoty osy X směřují od nulového bodu obrobku směrem nahoru.

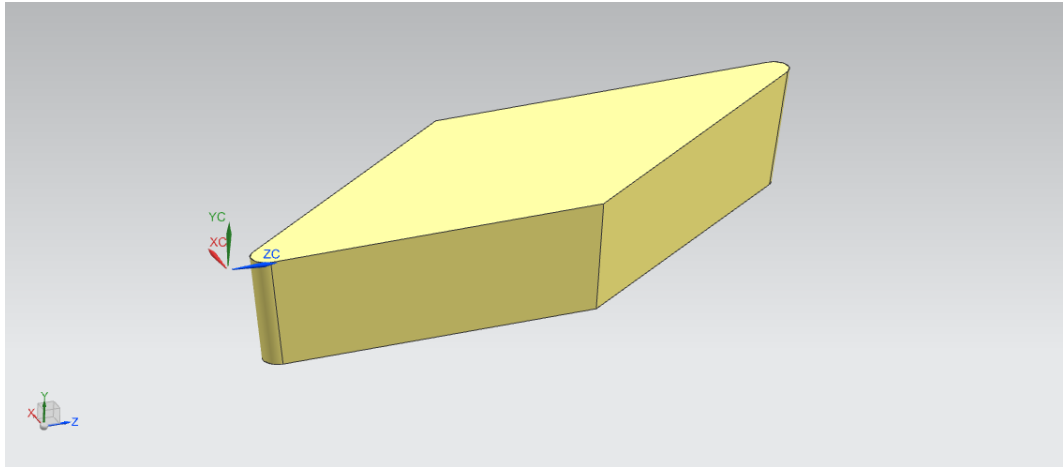


Obr. 79. Orientovaný souřadný systém

Následně je využito daných informací o vyměnitelné břitové destičce od výrobce. Ten uvádí její základní parametry. Z tabulky vyčteme délku hrany, zaoblení břitové destičky a výšku. Za základu sketche vzniká model. Tento model není dokončený. Vyměnitelná břitová destička není obohacena o utvařeče, lamače třísek a otvor pro šroub.

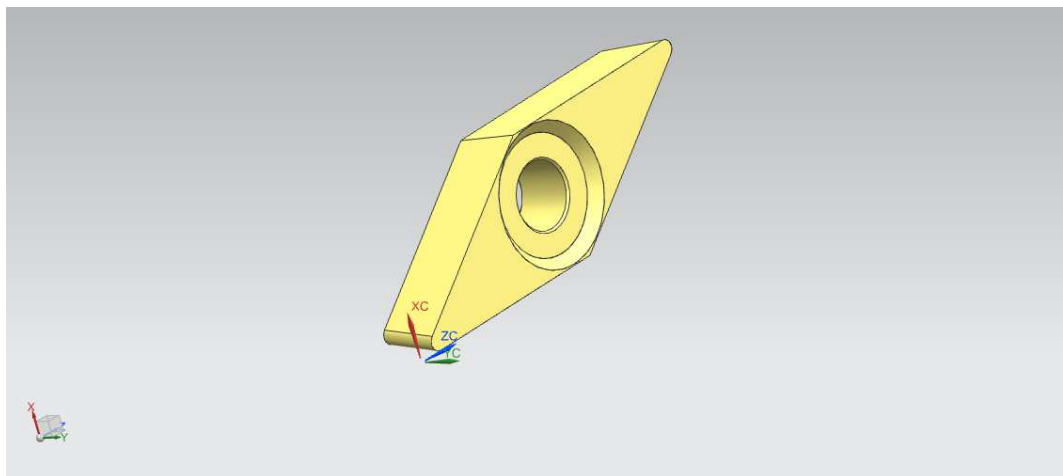


Obr. 80. Sketch VBD typu VCMT 110304E-UM



Obr. 82. Základní model vyměnitelné břitové destičky

Z obrázku je zřejmé, že daná VBD obsahuje též otvor pro šroub, kterým je upevněna k nástroji. Tento prvek není funkčním prvkem a není nutno ho modelovat pro sestavu. Pro přehled stačí vymodelovat pouze otvor a šroub ponechat bez modelu a tedy i bez vazby. To samé platí pro utvařeče a lámače třísky, které jsou pro simulaci obrábění brány jako nefunkční parametry.



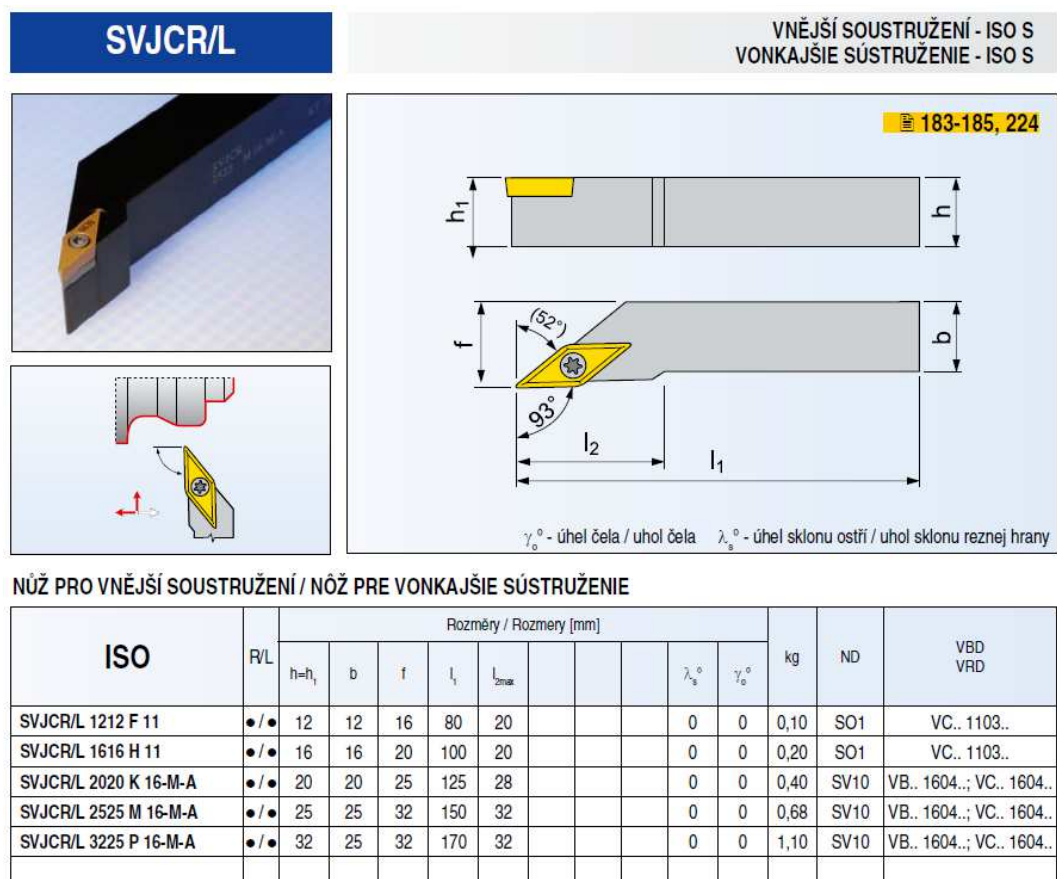
Obr. 81. VBD s otvorem pro šroub

Nástroje obsahují i lůžko, do kterého bývá usazena podložka. Jedná se o nefunkční prvek pro výslednou funkčnost sestavy. V praxi by vystačilo pracovat bez této podložky. Výsledkem by byla stejná funkčnost daného systému při obrábění a ušetření značného množství času stráveného modelováním podložkové komponenty.

8.1.2 Model těla nástroje

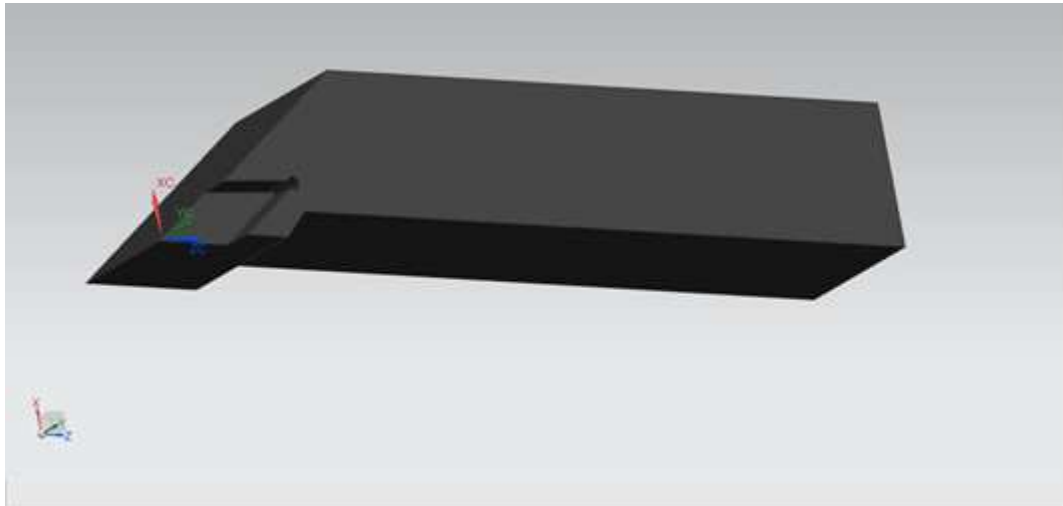
Poslední komponentu v sestavě představuje tělo nástroje. Jedná se o prvek, který bude zakoupen od výrobce. Předtím je však nutné vyzkoušet, zda bude jeho tvar odpovídat našim potřebám na požadované rozměry tohoto nástroje. Při modelování bude využito základních parametrů tohoto nástroje, jedná se o zejména délku, výšku a šířku. Daný nástroj je samozřejmě vybrán na základě vyměnitelné břitové destičky, která bude do něho umístěna.

Souřadný systém je orientován stejně, jako v případě modelování vyměnitelné břitové destičky. Při konstrukci držáku je vycházeno ze základních hodnot poskytovaných od výrobce.



Obr. 83. Parametry nástroje uváděné výrobcem

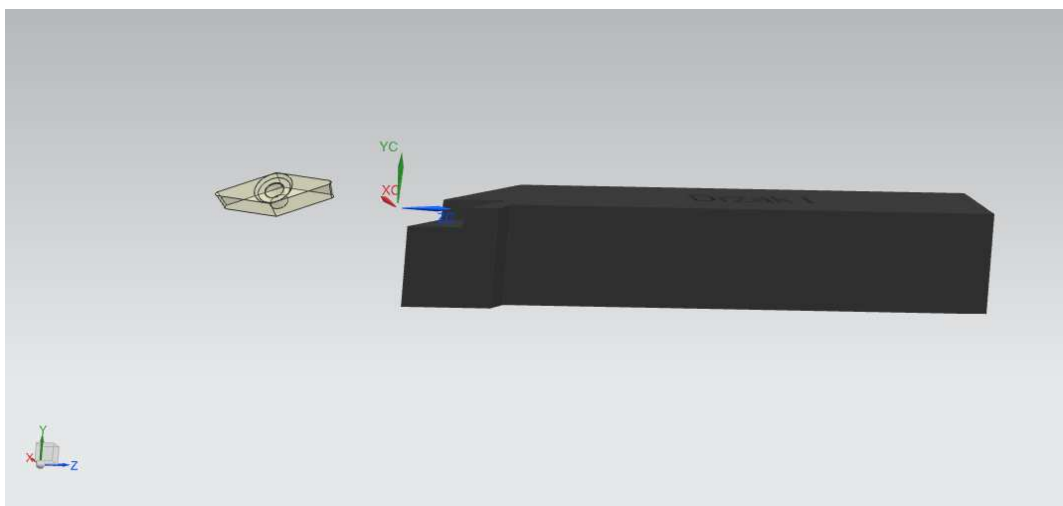
Po dokončení nástroje je vždy nutné zkontrolovat, zda jeho rozměry odpovídají parametrům, které poskytuje výrobce. Zda hlavní rozměry, spjaté s daným nástrojem, odpovídají námi vytvořenému modelu. Výhodou je možnost daný nástroj označit popisem. Tímto je možno předejít použití špatného modelu nástroje při simulacích obráběcího procesu.



Obr. 84. Dokončený model nástroje

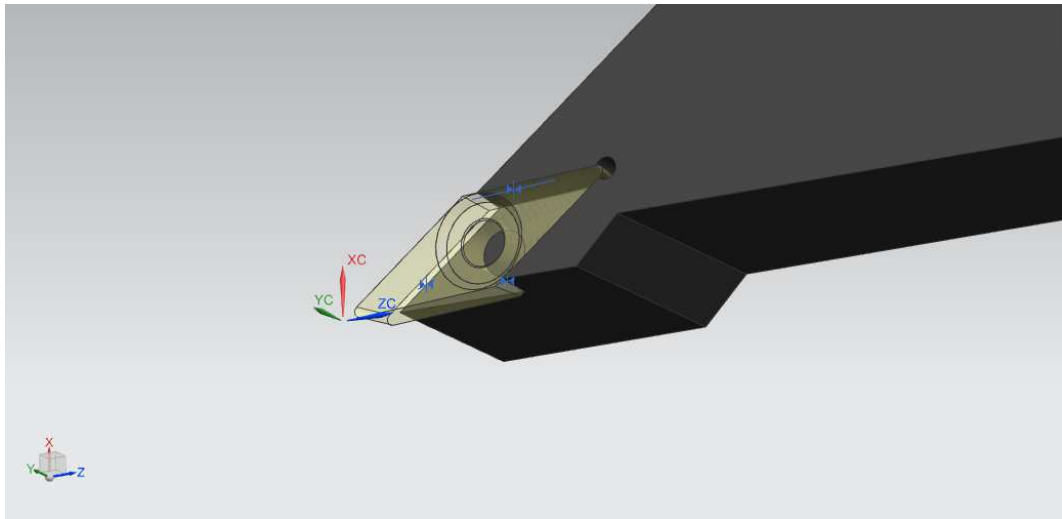
8.1.3 Sestava nástroje

Vyměnitelná břitová destička a tělo nástroje jsou vymodelovány. Dané modely byly vytvořeny uživatelem pro jejich jednoduchý tvar. Případný výskyt chyb při modelování by znamenal nesprávné publikování výsledků při simulacích a také možnost kolize v reálném obrábění.



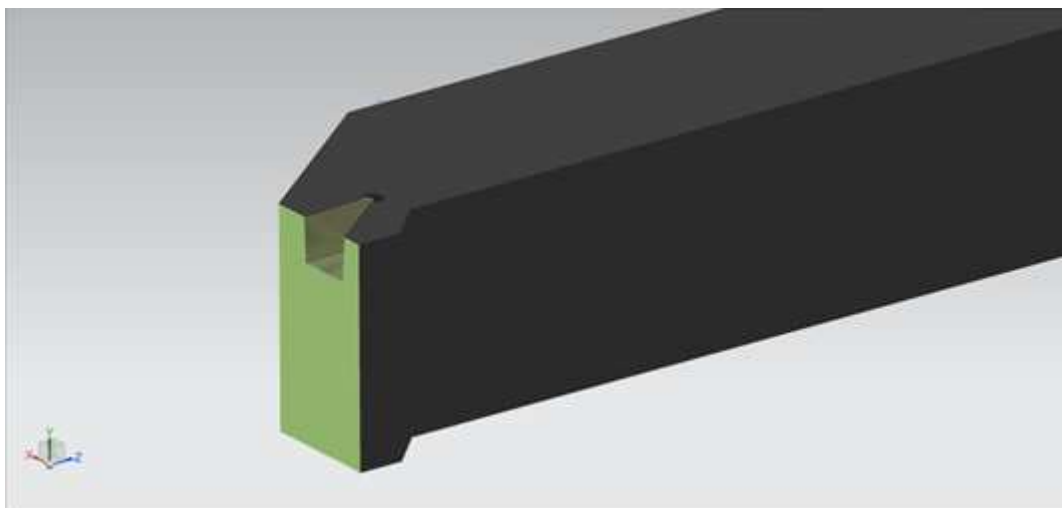
Obr. 85. Připravené komponenty pro sestavu

Pro eliminaci právě těchto chyb a zejména zrychlení práce technologů poskytují největší výrobci obráběcích nástrojů na svých webových portálech modely všech prodávaných komponent. Jedná se o velkou výhodu. Je však důležité dávat pozor na správnost těchto modelů. Ne vždy jsou modely v dobré kvalitě. Tyto modely jsou dostupné ve více formátech.



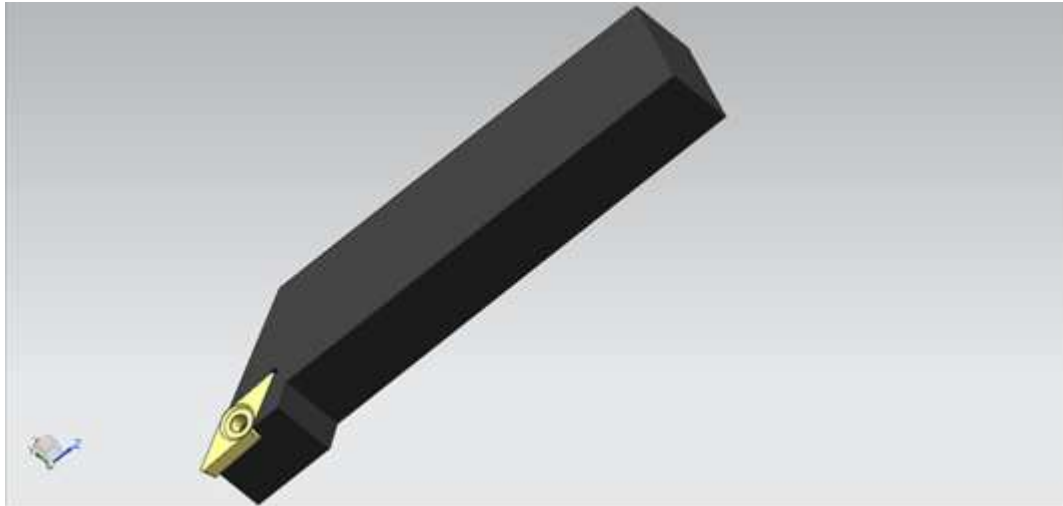
Obr. 86. Vazby VBD

Používaný formát je STEP. V tomto formátu je možnost daný model stáhnout a pracovat s ním v programu NX.



Obr. 87. Kontrolní řez sestavou

Dokončená sestava je připravena k použití pro její další zpracování. Danou sestavu je nutné exportovat ve formátu STEP. Takto si daná sestava zachová parametry, týkající se vazeb. Z těles objemových se stanou tělesa, skládající se již pouze ze stěn. Díky formátu STEP je možné tuto sestavu nástroje otevřít i v jiných CAD/CAM programech, než v jakém byla původně modelována.

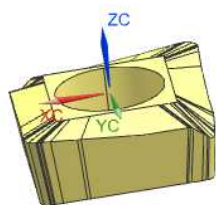


Obr. 88. Dokončená sestava nástroje a VBD

8.2 Speciální typ nástroje

Do seznamu nástrojů budou uvedeny dva příklady. V prvním příkladu bude ukázka axiálního hrubovacího nože. Jedná se o speciální nůž, využívaný zejména při soustružení kovářského nářadí, kde se vyskytují hluboké dutiny. Tyto dutiny se nástrojem nejen vyhrubují, ale také je možno dutinu dokončit na hotovo.

Základem je vybrat správný model nože tak, aby odpovídal danému, reálnému noži ve výrobě. Následuje stejný postup pro vyměnitelnou břitovou destičku.



Obr. 90. VBD



Obr. 89. Tělo nástroje

Jejich společná sestava bude vyvazbena a takto připravená sestava vyexportována ve formátu STEP. Takto připravený soubor bude posléze použit pro práci při implementaci tohoto nástroje do knihovny nástrojů šablony.

Připravené modely prvního nástroje a příslušné vyměnitelné břitové destičky budou nahrány v NX do sestavy a společně vyvazbeny.



Obr. 91. Sestava nástroje

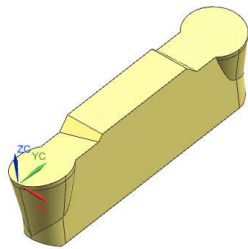
Danou sestavu pak lze ještě obohatit o držák. Do držáku je upevněn nůž. Držák má vliv při obrábění zejména na možnosti rozsahu obrábění. Pokud dojde k nedostatečnému vyložení nástroje z držáku, například při hrubování hlubokých dutin, může dojít ke kolizi držáku a obrobku.



Obr. 92. DR-MF-20L-2.25D

Jako druhý bude připraven soustružnický nástroj axiální zapichovací. Tento nástroj se používá pro hrubování dutin a žlábků. Dutiny je pak možno tímto nástrojem také dokončit.

Nástroj bude specifický, díky tomu, že obsahuje planžetu, do které se vkládá vyměnitelná břitová destička. Po dotažení šroubu pak dojde ke stáhnutí planžety a tak upevnění této destičky. V minulém příkladu byla destička uchycena pomocí šroubu.



Obr. 94. VBD



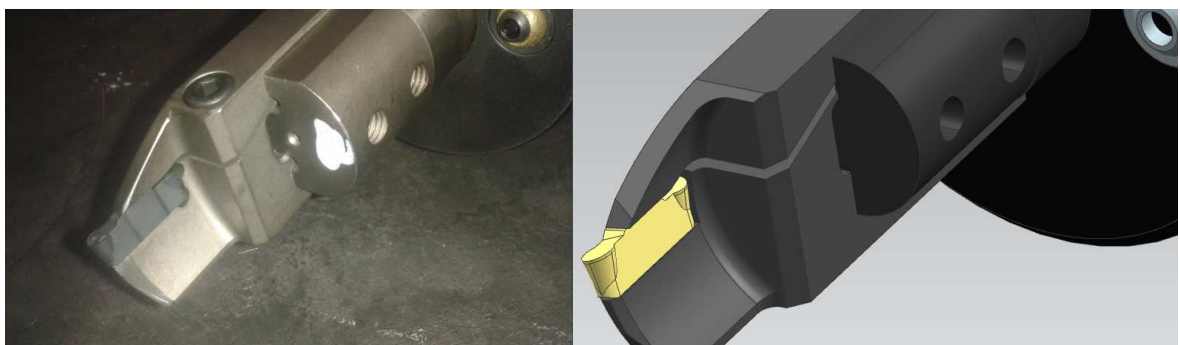
Obr. 93. Tělo nástroje

Sestava bude vytvořena tedy z planžety, těla nástroje a vyměnitelné břitové destičky. Dokončenou sestavu pak vyexportujeme do adresáře s nástroji ve formátu STEP. Zabrání se tak manipulací sestavy osobami bez oprávnění spravovat knihovnu nástrojů.



Obr. 95. Sestava zapichovacího nástroje

Reálné srovnání nástroje je shodé s nástrojem vymodelovaným. Pokud by bylo nutné nejprve studovat rozměry nástroje pouze z katalogu výrobce, ve výsledku by pak bylo použití takového nástroje časově náročné. Technolog tak ztrácí čas, který může věnovat především programování daného obrobku.



Obr. 96. HFAIL 34-4T18

9 SESTAVENÍ KNIHOVNY NÁSTROJŮ

Knihovna nástrojů je alfa-omegou každého technologa. Je to místo, kde jsou shromážděny všechny nástroje kolující ve výrobě. Nástroje u jednotlivých obráběcích strojů. Je to jakýsi virtuální seznam nástrojů, které může daný technolog využít pro uplatnění při obrábění dílce. Nezbytnou součástí je přehlednost tohoto seznamu. Parametry nástrojů musí odpovídat reálným parametrům nástrojů, používaných ve výrobě. Technolog si musí být jistý při zavádění nových nástrojů do této knihovny. Musí zajistit aktuálnost tohoto seznamu.

Aktuálnost seznamu se projevuje zejména při práci více technologů pracujících pod jedním oddělením. Zde je důležitá dobrá komunikace všech zúčastněných. Jedním z řešení je určení zodpovědné osoby za aktuálnost a správnost tohoto seznamu. Nedbalé zacházení s těmito hodnotami by mohlo mít nedozírné následky pro pozdější používání této knihovny v praxi.

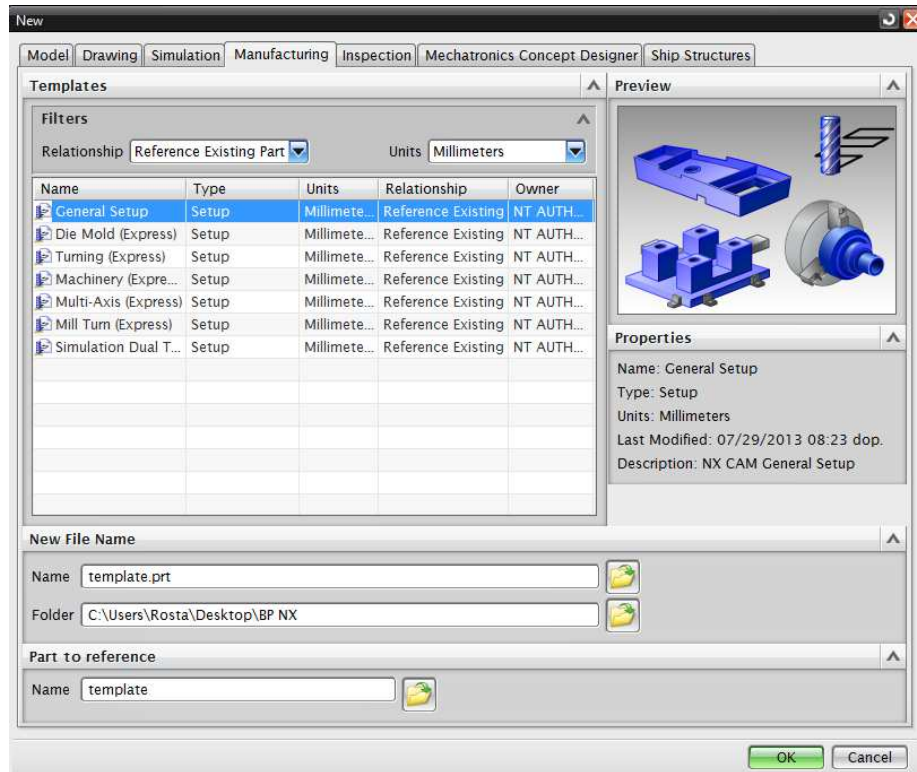
Pro práci s nástroji je také možno využít šablonu, která vzniká na základě stálých požadavků technologa. Ten opakovaně pracuje s již zaběhlými návyky a nástroji. Při maximálním tlaku na výkon minimalizovat čas přípravy programů pro obrobky.

9.1 Tvorba šablony

Šablona je soubor, obsahující určitá nastavení a parametry. Uživatel, v tomto případě technolog, využívá šablonu pro zefektivnění své práce. Jedná se o soubor, jenž je umístěn v adresáři na firemním serveru nebo pevném disku uživatelovy pracovní stanice. Tento soubor má koncovku a v adresáři je uložen například pod `sablona.prt`.

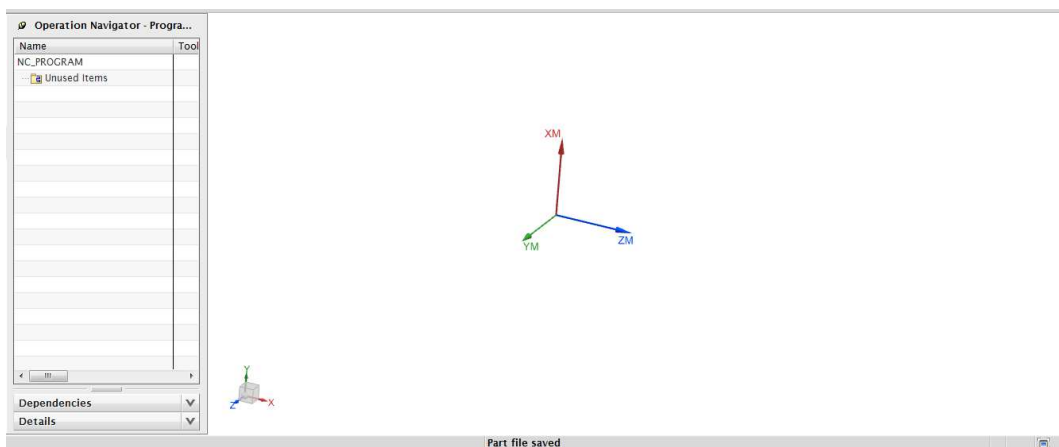
Šablona jako taková vzniká následujícím způsobem. Uživatel v první řadě spustí NX a založí nový soubor pod názvem `sablona.prt` na předem vyhrazené místo. Toto místo bude při každém využití dané šablony navštěvováno a z dané adresy příslušná šablona načítána.

Tento soubor je také možno nahrát na přenosný disk a použít ho v jiném prostředí NX. Efektivní zejména v případech, kdy dojde k přesazení technologa k jiné pracovní stanici, či návštěvě daného pracovníka v externí firmě, kde se připojí na úplně jiné pracovní prostředí.



Obr. 98. Tvorba šablony

Výsledkem vytvoření souboru sablona.prt bude holé pracovní prostředí v NX obsahující funkce CAM. V tomto prostředí bude důležité dbát na všechny detaily, které budou využívány při práci technologa. Nastavení přehledné knihovny nástrojů, řezné podmínky nástrojů, počáteční body nástrojů, souřadný systém až po barvu pozadí, na toto všechno a mnohé další je třeba dbát při tvorbě šablony. V průběhu času a s narůstajícími zkušenostmi technologa je možné tuto šablonu postupně vylepšovat a obohacovat o nové nástroje a vylepšení.



Obr. 97. Připravena základní šablona

9.2 Knihovna nástrojů

Pojem knihovna nástrojů úzce souvisí se šablonou. Knihovna nástrojů je jakousi součástí této šablony, zabírajíc se nástroji. Technolog k tomu, aby věděl, jaké nástroje použít při jeho práci, nemusí mít v dnešní době žádný papír či tabulku se seznamem využitelných nástrojů. Tento způsob je značně zastaralý a v dnešní rychlé době, kladoucí nároky právě na výkon, nepraktický.

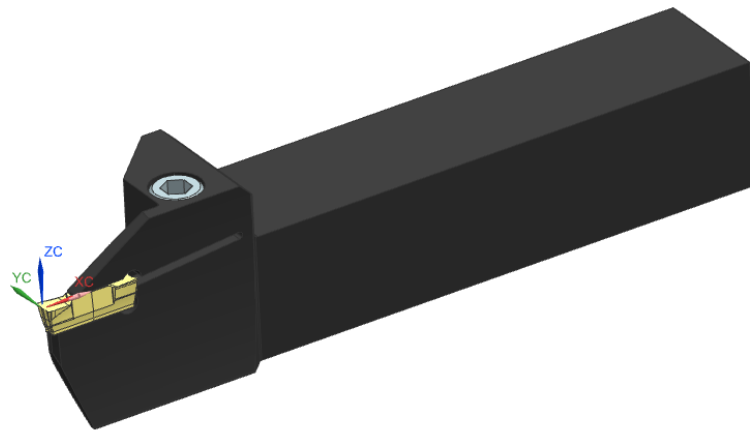
Řešením je právě knihovna nástrojů. Je to seznam, který nám říká, jaké nástroje může technolog využít. Dané nástroje jsou specifikovány svým názvem, rozměry, břitovou destičkou a například již předdefinovanými reznými podmínkami jako je posuv nebo otáčky vřetene.

Reálné srovnání nástroje je shodé s nástrojem vymodelovaným. Pokud by bylo nutné nejprve studovat rozměry nástroje pouze z katalogu výrobce, ve výsledku by pak bylo použití takového nástroje časově náročné. Technolog tak ztrácí čas, který může věnovat raději programování daného obrobku.

9.2.1 Implementace nástrojů do knihovny

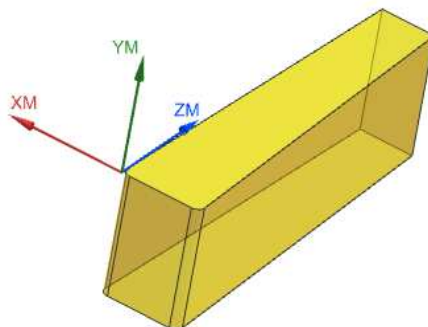
Postup přiřazení nástrojů do knihovny zahrnuje několik důležitých kroků. V první řadě musí být správně sestaveny a zavazbeny sestavy nástrojů, vyměnitelných břitových destiček a například držáku. Tyto sestavy musí být vyexportovány ve formátu STEP. V NX bude otevřen nový soubor v režimu obrábění a uložen na server pod názvem, například připravovaného nástroje.

Pokud je všechno připraveno, nastává import STEP sestavy nástroje do nově vzniklého partu. Jako příklad bude použit nástroj čelní zapichovací. Jedná se o odlišný typ, než byl uveden v minulé kapitole. U nástrojů z minulé kapitoly by se postupovalo stejně.



Obr. 99. Importovaná STEP sestava nástroje

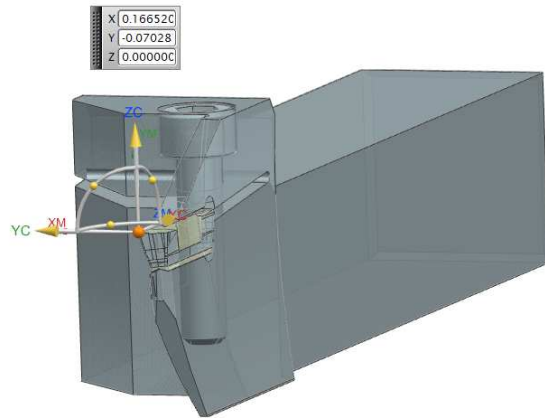
V dalším kroku pomocí nástroje, vytvořit nástroj, se vygeneruje plátek stejných parametrů jako plátek použitý v sestavě. Důležitá je šířka plátku a hlavně rádius. Takto vytvořený plátek potom překryjeme nahraným modelem. Provede se tak, že model posuneme v jednotlivých osách, aby zcela splynul s plátkem vygenerovaným.



Obr. 100. Vygenerovaný plátek

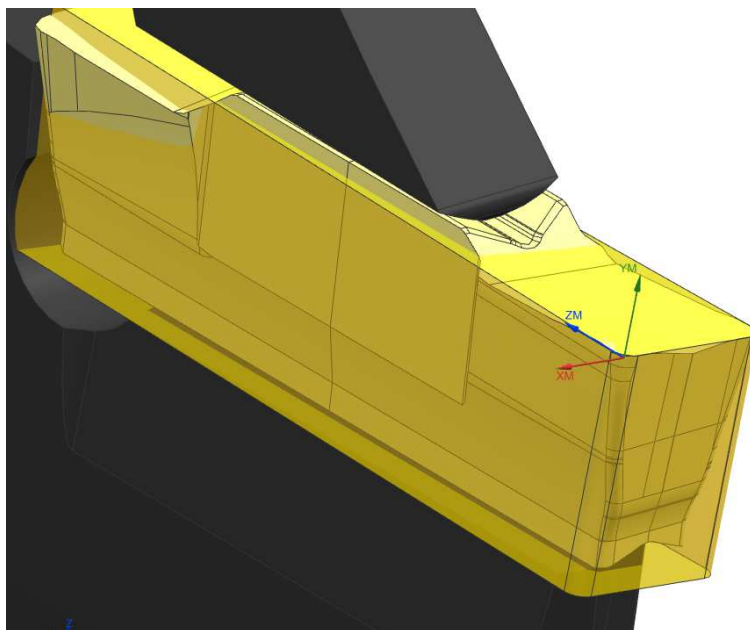


Obr. 103. Posunutí v ose Y



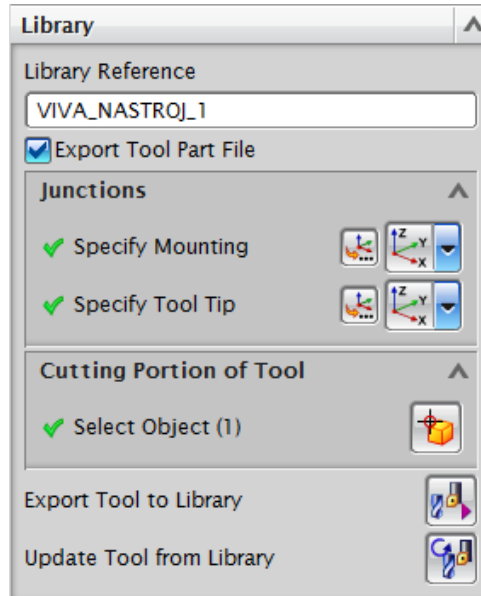
Obr. 102. Posunutí v ose Z

V každé ose je vybrán nejvzdálenější bod na modelu vyměnitelné břitové destičky. Od tohoto bodu je pak celá sestava v téže ose přenesena do nulového bodu. Tímto způsobem jsou zpracovány i zbylé dvě osy. Pokud se nejedná o tvarově komplikovanou destičku a model použitý v sestavě bude jednoduchý, ke splynutí destičky modelu a destičky vygenerované by mělo dojít v plném rozsahu.



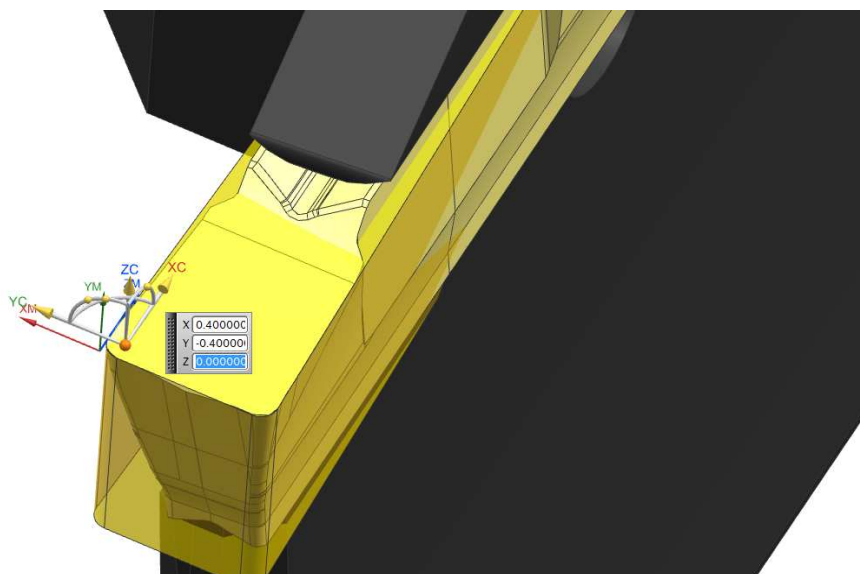
Obr. 101. Překrytí plátku sestavy a plátku generovaného

V poslední řadě je nutné definovat všechny hodnoty pro záložku knihovna. Hlavní údaje jako název, dále zatrhnout políčko nahrát nástroj, uživatel provede snadno. Specifikovat upnutí nástroje je v tomto případě umístěno na konec těla nástroje.



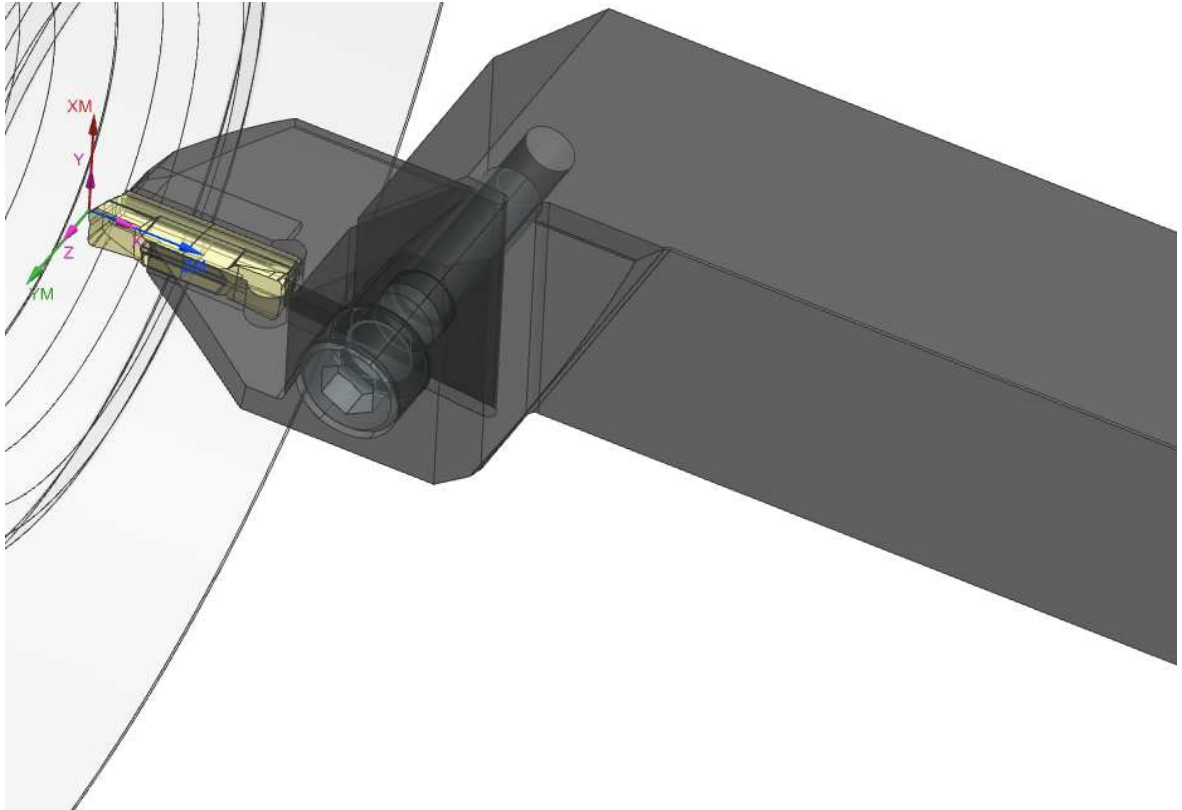
Obr. 104. Funkce pro import do knihovny

Špičku nástroje volíme tak, aby byla umístěna do rádiusového středu na vyměnitelné břitové destičce modelu. Ještě chybí zvolit řeznou část na daném modelu, kterou opět představuje vyměnitelná břitová destička. Nic nebrání k tomu, aby po splnění všech požadovaných parametrů byl nástroj exportován do knihovny. Zde bude uložen na místo, ze kterého nástroj vyvoláme při jeho potřebě obrábění.



Obr. 105. Určení špičky nástroje

Nástroje nyní nahrajeme do připravované šablony, přesněji do seznamu používaných nástrojů. K takovéto šabloně technolog posléze pouze přijde, natáhne ho z lokálního uložení na model součásti, pro který má připravit program. Nezabývá se detailními nastaveními, ale plnohodnotně využívá již předdefinovaných nástrojů a nastavení šablony.



Obr. 106. Importovaný a připravený nástroj

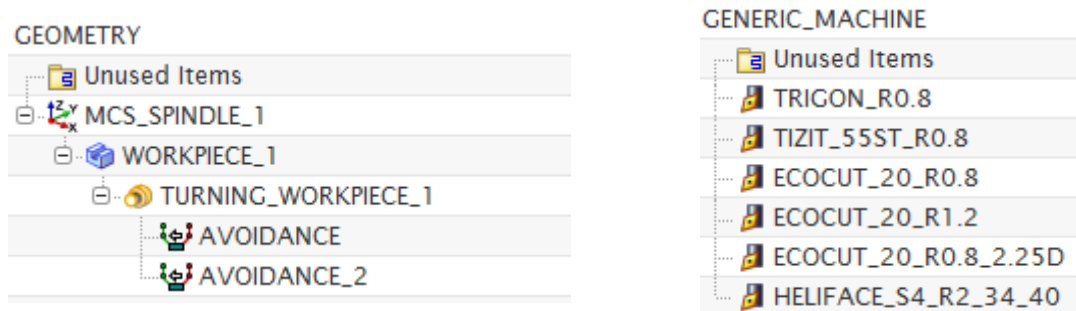
9.3 Dokončení šablony

Na začátku byla šablona uložena na místo k tomu určené, například do adresáře volně přístupného na disku. V této šabloně byly definované různé úpravy ribbon barů nebo barvy pozadí, různé uspořádání tlačítek a jejich sestavení. Šablonu si otevřeme a načteme do něho předem připravené nástroje z knihovny. Použijeme pro to funkci nahrát nástroj z knihovny.



Obr. 107. Nahrát nástroj z knihovny

Šablona, kterou bude chtít technolog použít se všemi přednastaveními i s knihovnou nástrojů, stačí takto nahrát na model, který bude obrábět. Šablonu si může v průběhu času upravovat a vylepšovat o další nástroje nebo předpřipravené operace s již předdefinovanými řeznými parametry, jako je posuv nebo otáčky vřetene.



Obr. 108. Předdefinovaná geometrie a databáze nástrojů s modely v šabloně

10 NAPROGRAMOVÁNÍ DANÉ SOUČÁSTI

Přípravou technologie je rozuměn proces, zaobíraje se zamyšlením nad výrobou součásti a přípravou všech potřebných náležitostí k samotné výrobě součásti. Touto prací se zabývá technolog. Člověk zkušený mnohaletou prací ve výrobě. Zaměstnanec v oddělení CAM. Tento člověk rozumí výrobním postupům a dokáže tak požadavek na výrobu součásti, kterou dostane za úkol na výkrese, proměnit ve skutečnost. Zadavatel, většinou lidé pracující na konstrukci, musí být spokojeni s prací technologa.

10.1 Obrobek v kovárenství

Jako příklad obrobku byla zvolena zápustka. Zápustky se používají jako tvářecí nářadí v oboru kovárenství. Jedná se o kovářské nářadí. Zápustka je výsledkem práce konstruktéra. Ten na základně zákaznickova požadavku s ohledem na výsledný produkt je schopen navrhnout dutinu této zápustky tak, aby kladl co nejvyšší důraz na tok materiálu, přídavky na obrábění, vsázku materiálu až po správné usazení zápustky v držáku kovářského lisu. A to vše za účelem vykování zcela kvalitního produktu. Daný výrobek se nazývá výkovek.

Na kovárně se takového nářadí produkuje ve velké měrou. Jedná se o nejdůležitější prvek z celé sestavy nezbytné k výrobě. Většina kováren již vlastní nástrojárnu. Nástrojárna je oddělení, kde probíhá výroba kovárenského nářadí a všech ostatních, příslušných komponent. Vzhledem k náročnosti a vysokým nákladům výroby takového nářadí, je většina kováren odkázána na práci vlastních nástrojáren. Tyto jsou pro svou práci vybaveny nejen příslušnými obráběcími stroji, ale též nástroji a kvalifikovanou, zkušenou obsluhou.

10.2 Zamyšlení se nad technologií

Jedná se o rotační zápustku s rotační dutinou. O rychlé a efektivní cestě, jakou zápustku bude možné vyrobit, rozhoduje právě technolog. Výkres, který přijme technolog je jakýmsi zadáním práce.

Technolog vychází z výkresu jako ze stěžejního pramene pro výrobu dané součásti. V současné době stále více nárůstají požadavky na tvarovou náročnost a přesnost kovacích dutin. Technolog se při své práci neobejde bez výkresu a také bez 3D modelu daného výrobku. Konstruktér tedy předává nejen vlastnoručně podepsaný výkres, ale též model součásti. Za tento model odpovídá v plném rozsahu a jakékoliv odlišnosti mezi modelem a výkresem by v takovémto případě znamenaly problémy v následných krocích výroby.

Model výrobku bývá zpravidala uložen na společném uložiti, odkud si technolog model nahraje do svého rozhraní a dále s ním pracuje. Modely obrobku jsou nezbytnou součástí při práci technologa.

Jedná se o rotační součást s rotačním tvarem. K výrobě takovéto zápusky je vhodné použít soustruh. Důležitou vlastností, kterou musí technolog oplívat, je znalost strojového parku dané nástrojárny. Volba správné technologie výroby je velmi důležitý moment, který při správném zamyšlení se na začátku výroby a propojením zkušeností, zaručí bezproblémovou výrobu součásti. Zamezí se tak možnému zpoždění, či jiným problémům při výrobě. Tyto by ve výsledku mohly mít dopad na případné kování a následně ohrozit prodej výrobku zákazníkovi.

Soustruh je jedním ze základních obráběcích strojů, kterým disponuje každá nástrojárna. Je využíván pro svou rychlost zpracování a výrovou rotačních součástí. Toto řešení je ve srovnání, např. s fézováním, časově výhodnější. Důležité je znát všechny parametry daného stroje. Velikost pojezdu v jedolivých osách, tedy možnost a rozsah výroby. Velikost obrobku jaký lze upnout, tedy maximální průměr obrobku nebo jeho délku.

Každý stroj musí být vybaven zkušenou obludou. Obsluha bývá v kontaktu s daným tenchologem. Technolog s obsluhou konzultuje výrobu součásti při vzniklých nejasnostech. Nutností je zajistit nejen správnost a přesnost výroby, ale také časové zvládnutí. Připravenost nástrojů a materiálu je dalším nezbytným prvkem, bez kterého by zadaná výroba neproběhla úspěšně.

Dělení materiálu předchází jeho objednání u dodavatele, které ve firmě zajišťuje nákupčí materiálu. Tento člověk má za úkol v předem daném termínu do firmy zajistit materiál dle požadavků technologa a konstruktéra. Tento materiál musí být následně nadělen a připraven pro další zpracování.

Technolog stanoví u požadavku na materiál jeho průměr a délku (u rotačních dílů), s ohledem na požadované výsledné rozměry zápusky konstruktéra, ale též s ohledem na nutné přídavky obrábění, které určuje technolog samotný. Tyto rozměry, jakost materiálu a typ materiálu, který určuje konstruktér, jsou důležitými vstupními údaji pro nákupčího materiálu.

Dělení materiálu, obrábění materiálu, ale i další operace jsou důležité v celém procesu výroby. Bezesporu mezi ně patří také kontrola kvality, tepelné zpracování, broušení a práce mechaniků.

Kvalita a měření kvality rozměrových veličin rotačních součástí s vnitřním rotačním tvarem se provádí jednak za pomoci mechanických, analogových nebo digitálních měřidel, a také rovněž pak za pomoci souřadnicového měřicího přístroje.

Vnější rozměry zápustky se měří pomocí posuvného měřidla a výškoměru. Vnější rozměr, výšku zápustky, výšku zámku nebo středící průměr zápustky, měříme posuvným měřidem. Výšku můstku na zápustce jsme schopni měřit hloubkoměrem. Otvor pro vyhazovač pak kalibrem. Pokud zápustka obsahuje závity, pro měření je použit závitový kalibr.

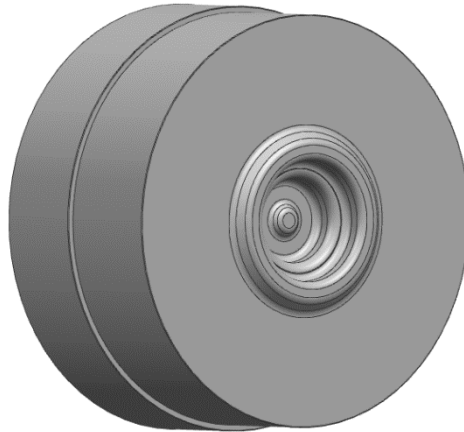
Kontrola tvaru dutiny, vzláště pak u složitých tvarových, se provádí pomocí souřadného měřicího stroje. Zde při doteku snímací hlavy sepne nepatrnou silou obvod piezoelektrický indikátor tlaku dotekové sondy. Ten přenesení do paměti hodnoty souřadnice.

Výsledky měření jsou zpracovány pomocí podpůrného softwaru pro takovéto zařízení. Protokol o měření je pak výsledkem daného měření. V protokolu jsou uvedena všechna potřebná data, jako je název součásti, datum měření, osoba odpovídající za měření, seznam měřených elementů, včetně hodnot elementů a také jejich odchylky od požadovaného rozměru.

Zápustka poté, co ji oddělení kontroly uvolní, putuje na oddělení práce mechaniků, kde dochází k odjehlení a vyleštění tvaru dutiny. Obráběcí stroj může být sebevíc přesný, avšak vždy je důležité danou dutinu nechat vyleštit mechaniky. Docílí se tak kvalitního povrchu dutiny, jež neobsahuje žádné ořepy ani vrypy nebo jiné povrchové vady, které by danou zápustku a tím i výsledný výkovek znehodnotily.

10.3 Zadání součásti

Zadání práce je vypracovat technologii výroby rotační zápustky s novým arzenálem soustružnických nástrojů z knihovny. Jako součást byla zvolena rotační zápustka s rotačním tvarem. Výkres je součástí přílohy.



Obr. 109. 3D model zadané součásti

10.4 Tvorba CAM

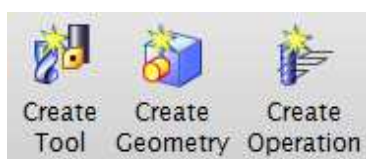
Před tím, než bude výroba moci danou zápustku začít vyrábět, je nutno připravit program a technologický postup výroby dané součásti.

V pracovním prostředí programu NX bude otevřen daný model zápustky. Tento model si technolog otevře v režimu modeling. Režim je využíván konstruktéry při tvorbě daného modelu, k čemuž je nutné se v NX přepnout do režimu obrábění.



Obr. 110. Režim modeling v NX

V tomto režimu technolog nachází několik důležitých záložek. V první řadě se jedná o tlačítko vytvořit geometrii. Technolog tak definuje základní parametry obráběné součásti, jako jsou polotovary, velikost ochranné zóny, nulový bod a řadu dalších důležitých vlastností. Tlačítko vytvořit operaci, je používáno pro zavedení jednotlivých soustružnických operací. Poslednímu tlačítku vytvořit nástroj, bude věnováno jenom minimum, a to z důvodu již vzniklé knihovny soustružnických nástrojů.

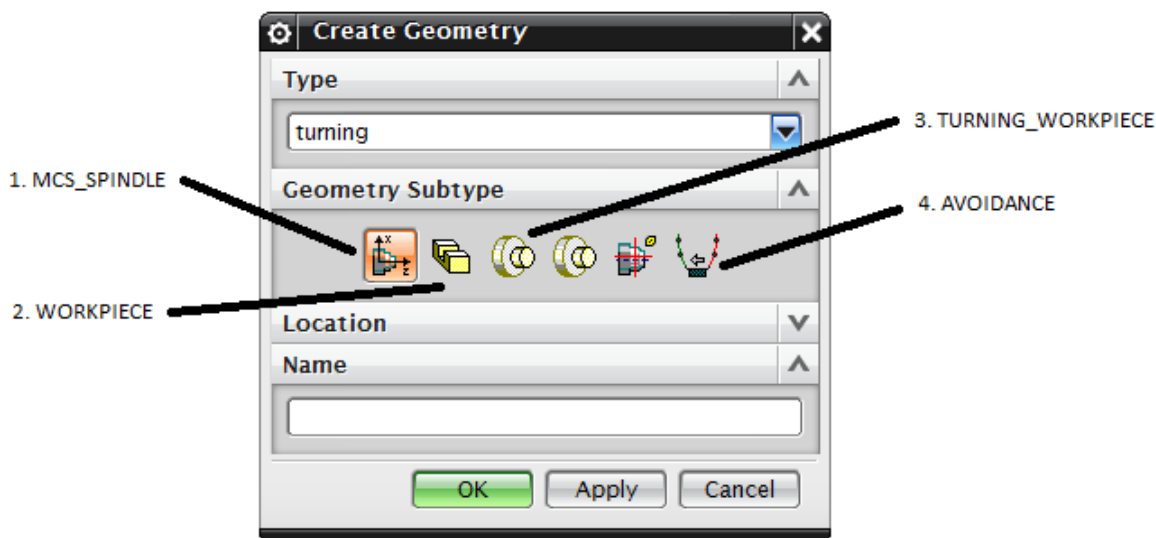


Obr. 111. Záložky CAM NX

10.4.1 Polotovar

K definování polotovaru, jak již bylo zmíněno výše, slouží funkce vytvořit geometrii.

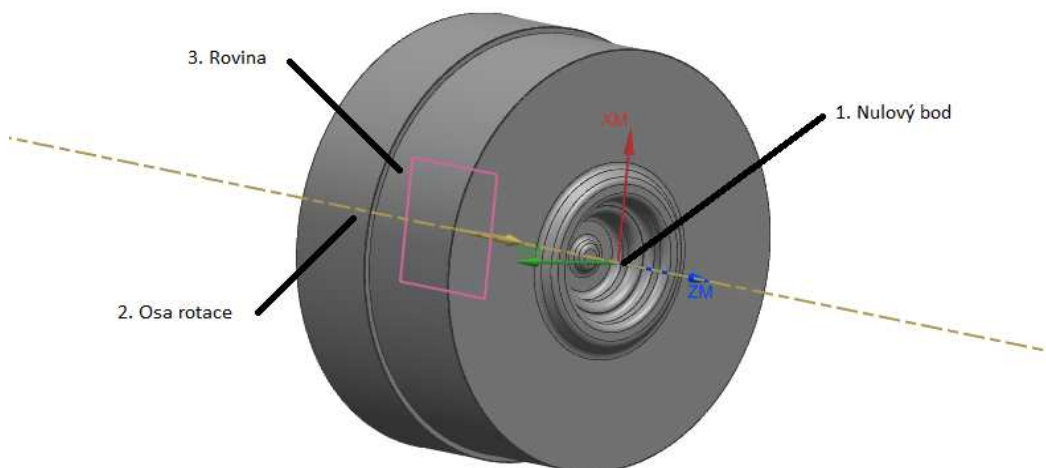
Tato nabídka zobrazuje několik důležitých parametrů. Mezi tyto parametry patří například definice osy rotace, polotovaru, obráběné části, nulového bodu, nájezdů a mnoho dalších.



Obr. 112. Nabídka funkce vytvořit geometrii

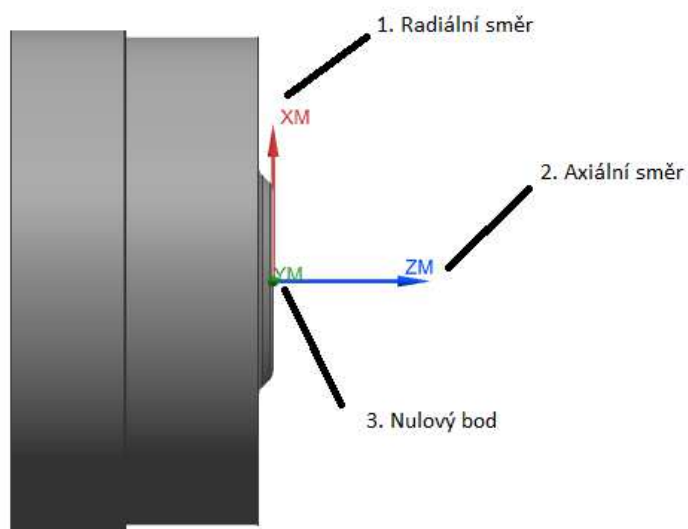
Osa rotace a nulový bod obrobku u součásti se definuje pomocí funkce MCS_SPINDLE.

Přerušovaná čerchovaná čára představuje osu rotace a prochází středem rotační části. Rovina pak představuje rovinu os X a Z a na ni kolmou osu Y. Nulový bod leží na nejvyšším bodě obráběné zápustky a je znázorněn umístěním osového kříže.



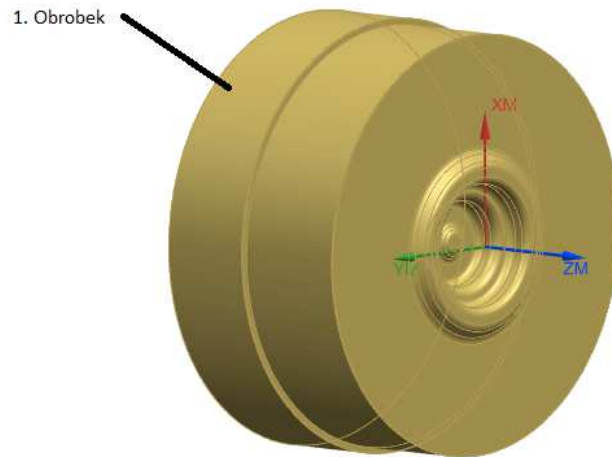
Obr. 113. Nulový bod, osový kříž a osa rotace

Umístěním osového kříže se na osu rotace je zajištěno umístění nulového bodu obrobku. Osy osového kříže jsou přitom orientovány tak, aby vyhovovaly technologii soustružení. Osa Z je definována od nulového bodu ve směru axiálním. Osa X je definována od nulového bodu ve směru radiálním.



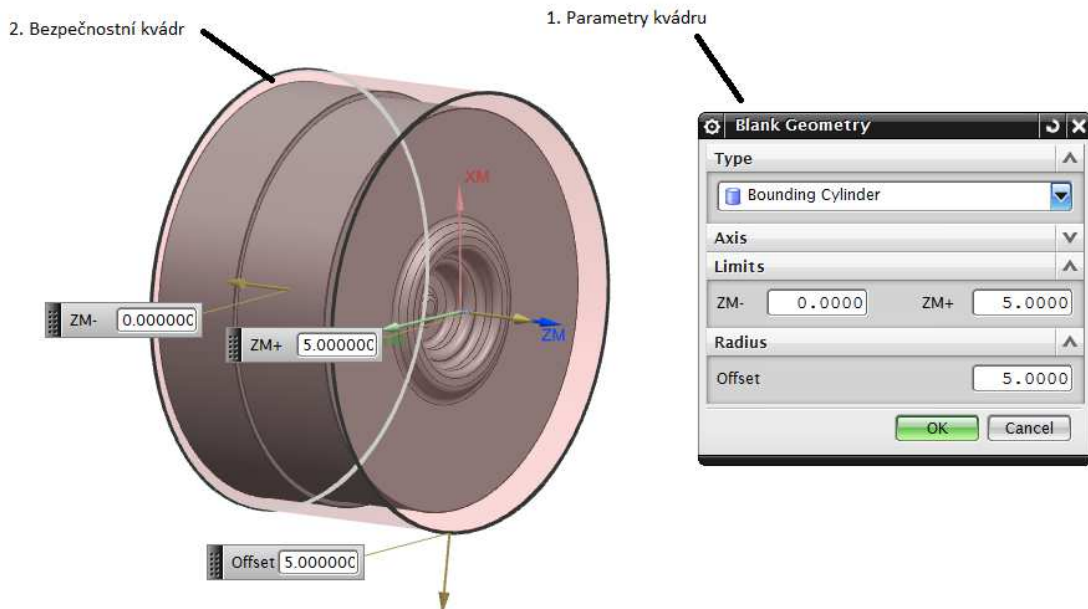
Obr. 114. Definice nulového bodu a osového kříže

Po umístění nulového bodu obrobku je důležité specifikovat obrobek samotný, kdy systém pozná, že se jedná o část, kterou chceme obrábět. K tomuto slouží funkce WORKPIECE a je další nedílnou nutností k nadefinování.



Obr. 115. Definování obrobku

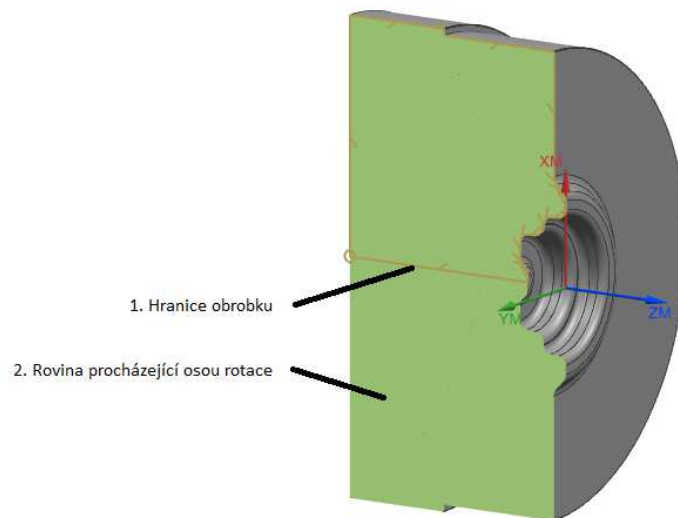
Dalším, neméně důležitým faktorem je bezpečnostní kvádr. Jelikož se v našem případě jedná jako válec, bude tedy nazýván bezpečnostním válcem. Toto nastavení, tak jako určení obrobku, se provádí ve funkci WORKPIECE.



Obr. 116. Určení bezpečnostního kvádru

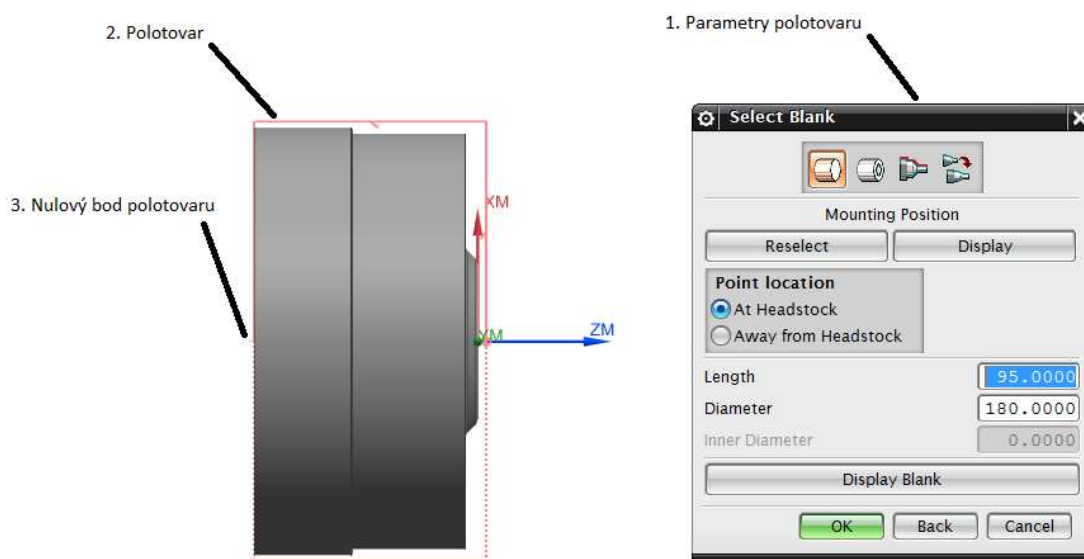
Pokud je stanoven obrobek a jeho bezpečnostní kvádr, je možné pokročit ke splnění další podmínky, a to určení polotovaru a vytvoření hranic obrobku.

Vytvoření hranic obrobku je nesmírně důležité pro další kroky obrábění. Těmito hranicemi definujeme přesný tvar obrobku. Použijeme funkci TURNING_WORKPIECE. Definování hranic proběhne automaticky. NX rozezná danou součást a promítne obrysy této součásti do roviny procházející osou rotace.



Obr. 117. Hranice obrobku

Samotný polotovar je pak definován též ve funkci TURNING_WORKPIECE. Je zde definován tvar, rozměr a umístění polotovaru. Umístění a rozměr polotovaru je pak znázorněno na samotném obrobku. Přesně je vidět, zda daný polotovar bude vyhovovat výrobě nebo zda bude třeba zvolit větší průměr či délku daného materiálu.



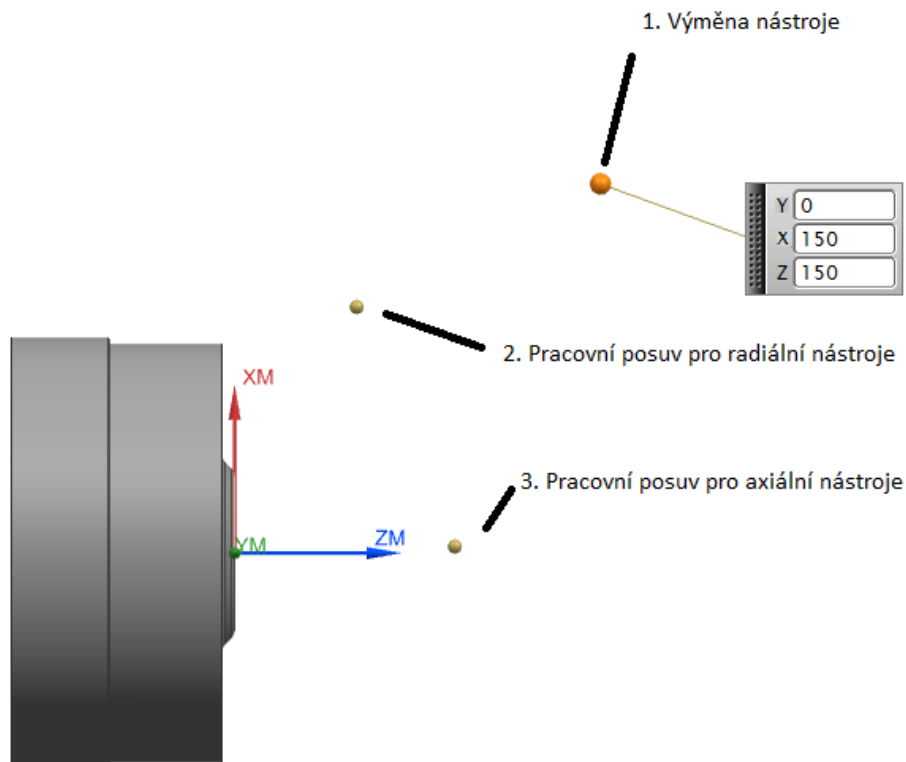
Obr. 118. Definice polotovaru

Posledním definovaným pojmem budou body, ze kterých se budou nástroje přibližovat k danému obrobku. Skupinu těchto bodů definujeme pomocí funkce AVOIDANCE.

Jeden z bodů slouží pro výměnu nástroje a udává tak stroji bezpečnou vzdálenost od obrobku, ve kterých se může otočit revolverová hlava, aniž by došlo ke kolizi nástroje a obrobku. Při pohybu do tohoto bodu stroj využívá rychloposuv, proto je potřeba dbát na důkladné umístění tohoto bodu, aby nedošlo k případným kolizím. Například, při soustružení hřídele podepřené koníkem, se tento bod umístí do jiného místa než při obrábění bez využití podpěrného zařízení.

Druhý z bodů slouží k přibližování nástroje k obrobku bezpečnou rychlostí. Tento bod definuje místo, od kterého bude nástroj využívat pracovní posuv nástroje.

V ukázce je využita dvojice těchto bodů z důvodu využití jak osových, tak radiálních nástrojů. Oba typy nástrojů ke své práci potřebují jiná místa pro nájezd k obrobku. Použití funkce avoidance má své využití zejména díky možnosti opravit tyto nájezdové body pro všechny nástroje najednou. Dochází tak k šetření času při dodatečných úpravách a také zlepšení přehlednosti a minimalizování případných chyb.

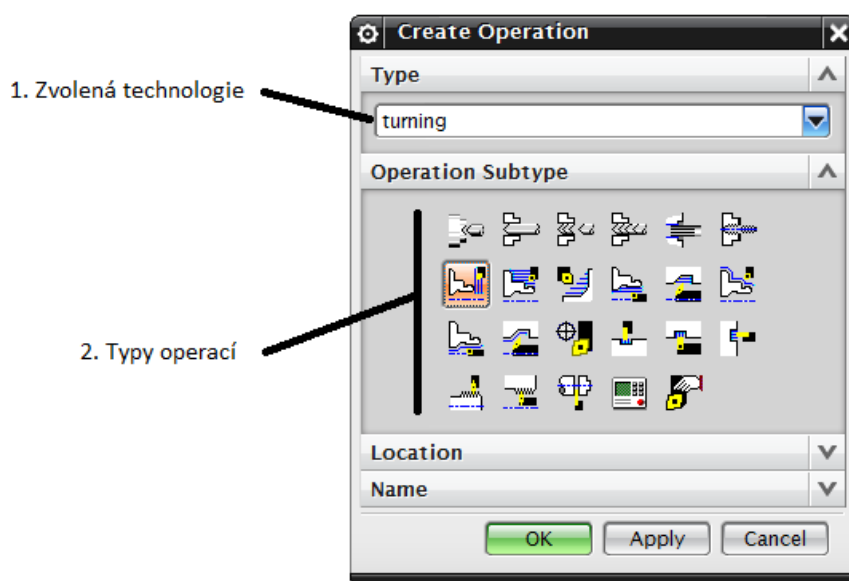


Obr. 119. Body pro výměnu nástroje a pracovní posuv

10.4.2 Soustružnické operace

Díky předešlé práci na knihovně nástrojů je možno v tento okamžik přeskočit tvorbu nástrojů. Tyto nástroje jsou již vytvořeny a uloženy v knihovně. V dalším postupu se lze věnovat pouze vytváření drah nástrojů. Dané nástroje si tak lze již přímo jenom volit z dané knihovny, aniž by se předem museli definovat nástroje a jejich parametry.

Soustružnických operací existuje celá řada, jejich stručný přehled je zobrazen pomocí funkce vytvořit operaci. Patří zde například vnější soustružení, vnitřní soustružení a čelní soustružení.

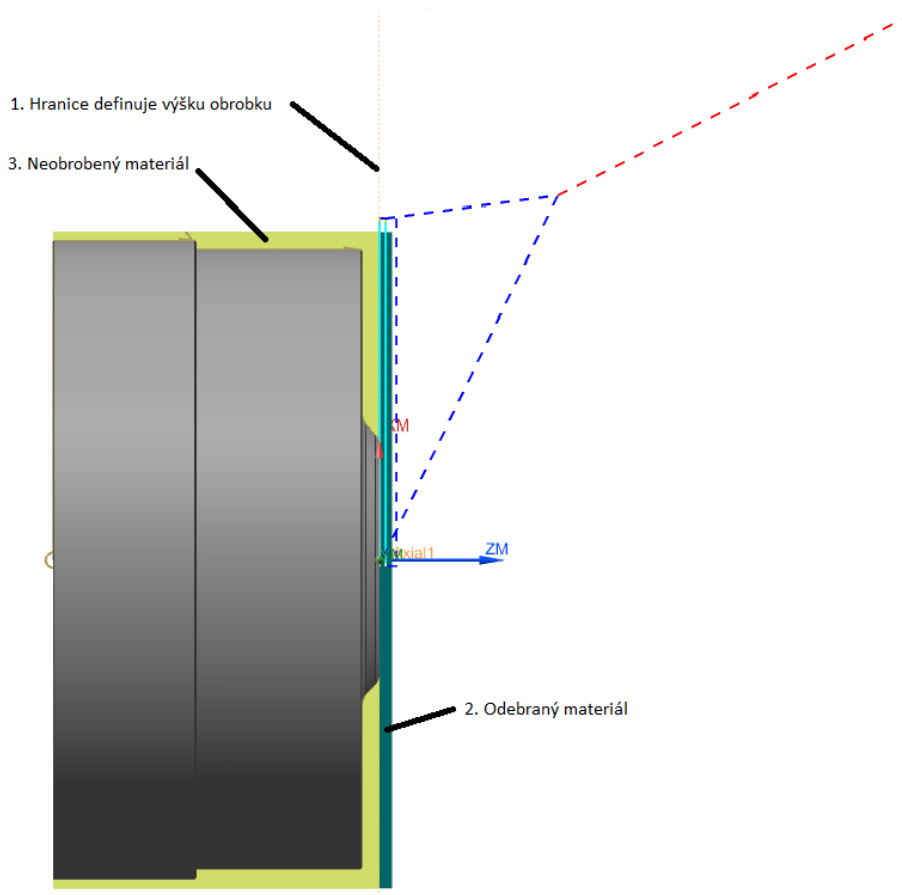


Obr. 120. Soustružnické operace

Zde záleží zcela na technologovi, jaký sled operací a jaké typy operací využije. Odráží se od zkušeností. Operace musí po sobě následovat v nějaké logické posloupnosti. Například v první řadě provádíme soustružení čela, posléze vnější průměry a nakonec obrábíme vnitřní průměry. Další logickou posloupností může být, že v první řadě provádíme všechny hrubovací operace a posléze všechny dokončovací operace.

Další vazby mají operace vrtání, které se provádí pouze specifickým nástrojem, na rozdíl od operací pro čelní zapichování. Liší se operace závitové, které potřebují odlišný nástroj od operace upichovací. Ani v jednom případě by tak nemělo dojít ke špatné kombinaci nástroje a příslušné soustružnické operace.

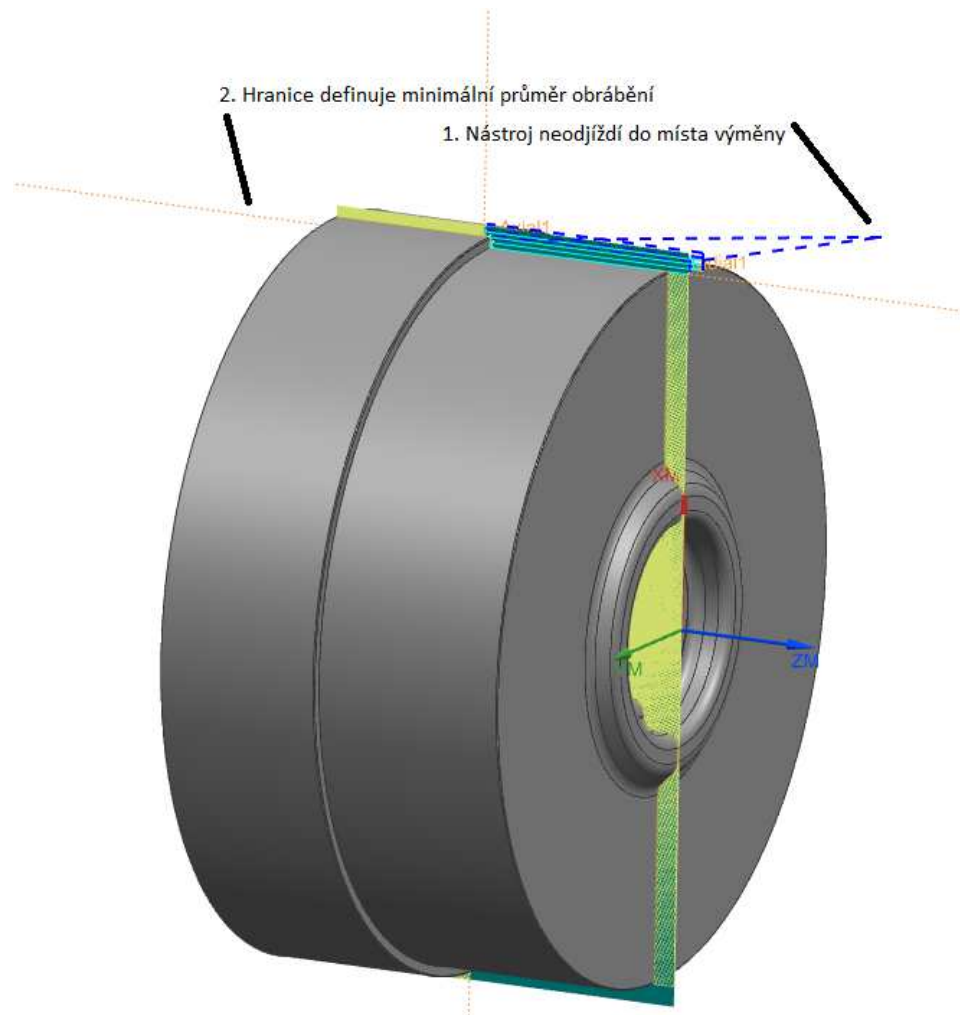
Efektivní obrábění se vyznačuje užitím co nejmenšího počtu upnutí obrobku a co nejmenším počtem použitých nástrojů. V příkladu budou použity k obrábění čtyři soustružnické nástroje. Dva nástroje budou sloužit k obrábění vnějšího průměru a čela. Zbylé dva nástroje pak k vyhotovení dutiny. V obou uvedených případech bude užito hrubovacích operací. Tyto operace budou význačné svým přídivkem na plochu. Dokončovací operace pak tyto plochy dokončí na hotovo.



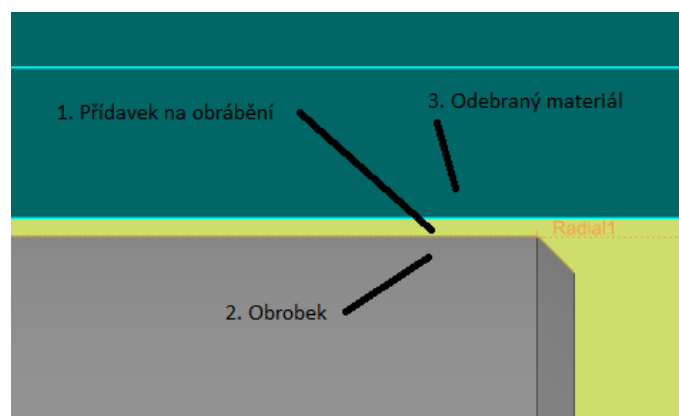
Obr. 121. Zarovnání čela obrobku

V první řadě, bude prováděno zarovnání čela polotovaru. Jedná se o soustružení v radiálním směru, kdy daný hrubovací nástroj zarovná délku polotovaru na předem daný rozměr. Tento rozměr bude v programu upřesněn hranicí, kterou bude přesně definována potřebná výška. Nástroj se pak pohybuje rychloposuvem z místa výměny nástroje až do místa pracovního posuvu, kde zpomalí a následně provádí přiblížení k obrobku z předem definovaného místa a ve správném směru.

Je využito situace, kdy pro další soustružnickou operaci, bude použit stejný nástroj, a tak nebude nutné odjíždět po zarovnání čela zpět do pozice pro výměnu nástroje. Tato situace je znázorněna níže, při obrábění vnějšího průměru. Ušetří se tak čas. Při detailním záběru je patrný ponechaný přídavek obrábění na vnějším průměru.

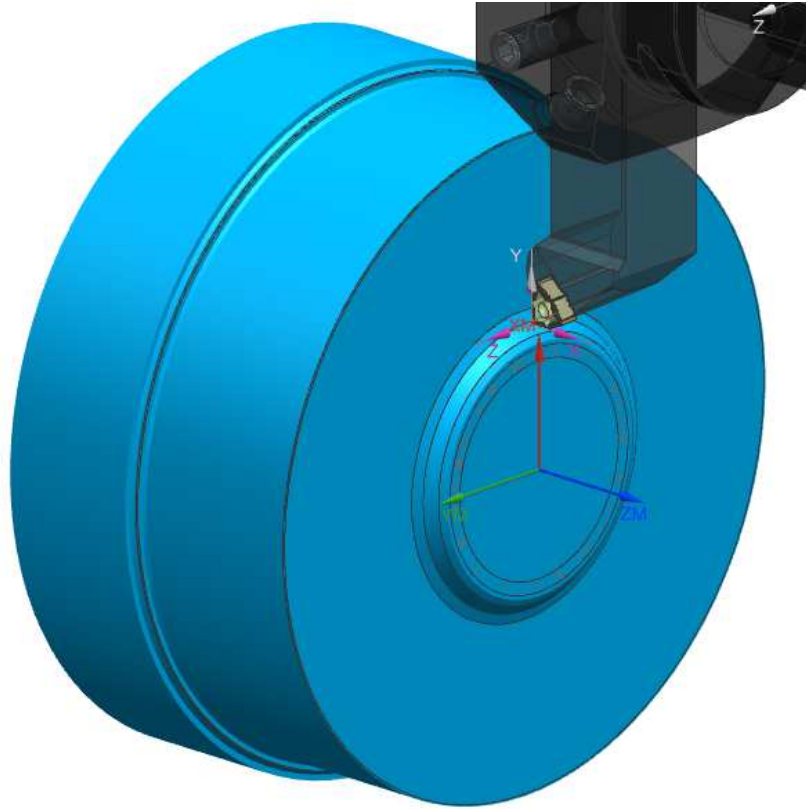


Obr. 122. Obrábění vnějšího průměru s přídavkem



Obr. 123. Detail přídavku na obrábění

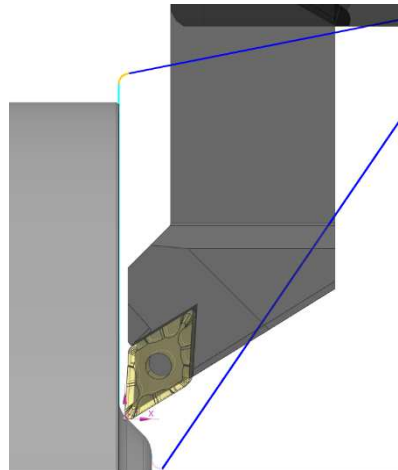
Další operací bude obroben můstek na čele zápustky. Bude použit stejný hrubovací nástroj jako v předchozích případech. Na ploše bude nechán přídavek. Všechny hrubovací operace na závěr budou od simulovány. Bude tak zjištěno, zda bylo dosaženo požadovaného výsledku.



Obr. 124. Simulace hrubování vnějších rozměrů

Následující nástroj bude použit pro vysoustružení zápichu, sražení hrany a dokončení čela zápustky. Přídavek zůstane pouze na vnějším průměru. Jedná se o technologický přídavek. Tento přídavek slouží pro brusiče, který středící průměr obrousí po příchodu kovacího nářadí z kalírny. Výsledkem tak bude rozměr v předem požadované toleranci.

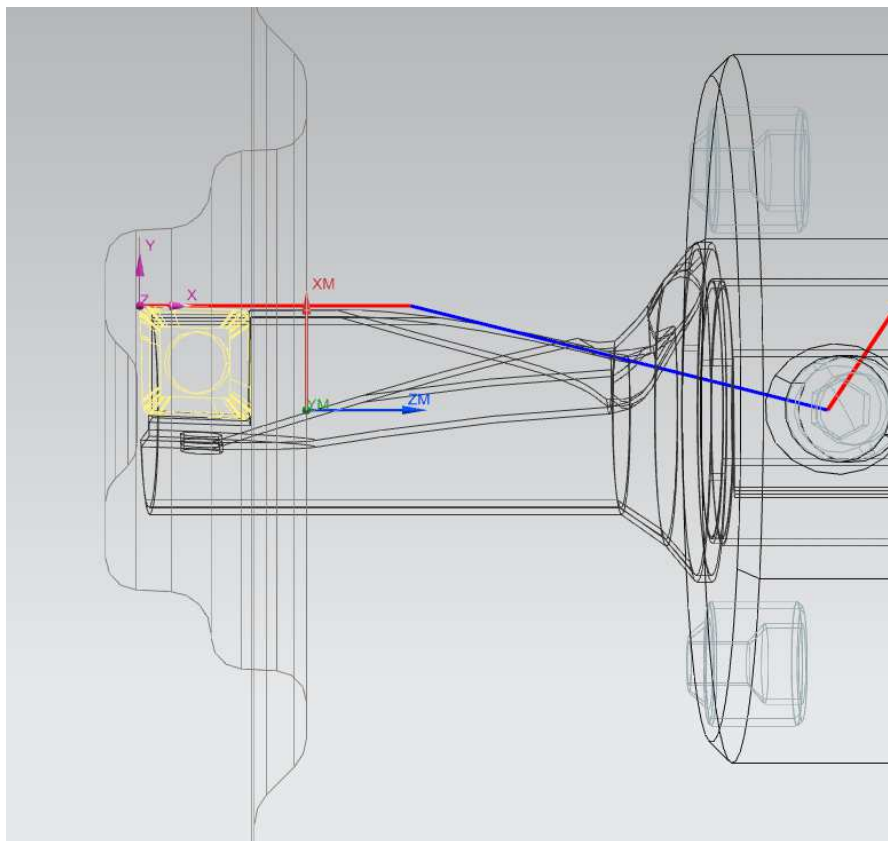
Vnitřní tvar dutiny udává výsledný tvar výkovku a vyžaduje přesnou výrobu. Tuto dutinu je potřeba v první řadě vyhrubovat a posléze dokončit. Dutina je tvarově složitá. Je zde využít nástroj, kterým se odstraní značná část materiálu z této dutiny.



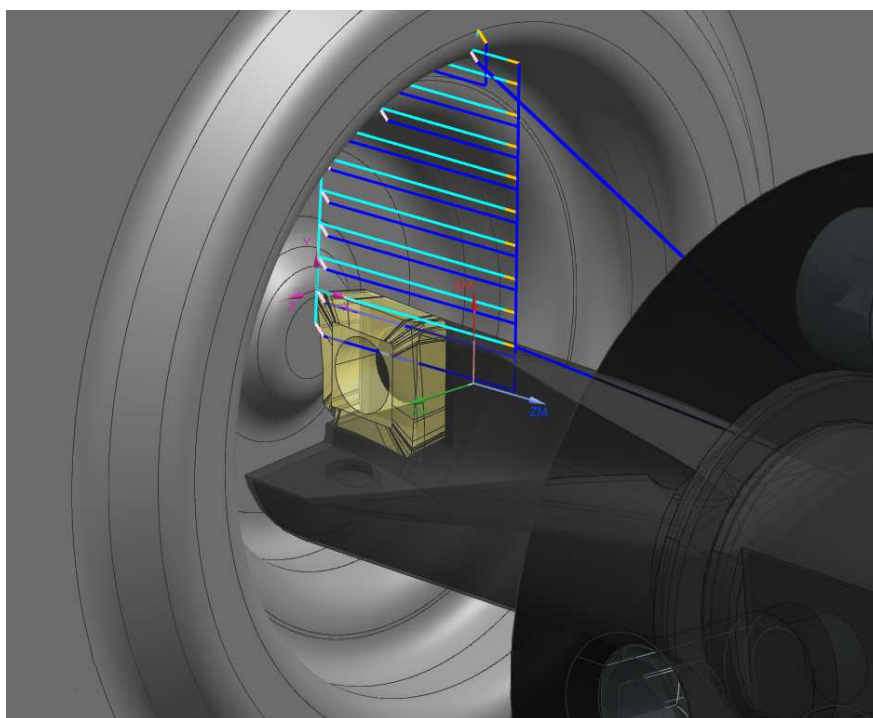
Obr. 125. Dokončování čela

Dutina se pak dokončí speciálním, čelním, zapichovacím nástrojem. Je zde pěkná ukázka toho, jak má technolog přehled o tom, do jaké hloubky může nástroj spustit, aniž by došlo ke kolizi nástroje a obrobku. Zejména speciální nástroj, význačný svou tvarovou složitostí, nelze bez dostatečné jistoty použít pro obrábění, aniž by nebylo zcela jisté, zda nezpůsobí kolizi.

Modely nástrojů z knihovny značně usnadňují práci technologa, bez dostatečných zkušeností. Kromě zvýšení bezpečnosti se zde projevuje také zkrácení časové náročnosti pro vytváření technologie obrábění. Technolog není nucen dlouho studovat z materiálu výrobce parametry nástroje a rozhodovat, zda je daný nástroj do dutiny opravdu možno použít.

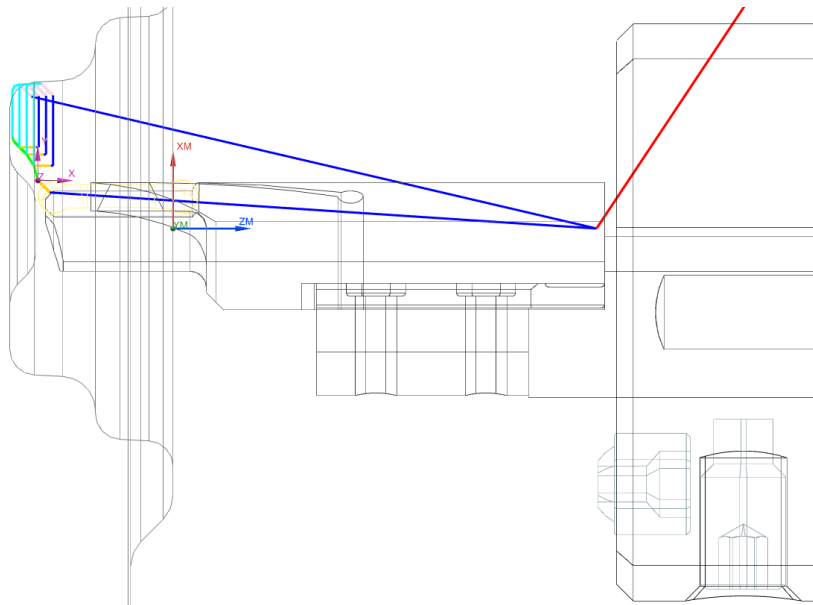


Obr. 127. Vizuální kontrola hloubky vrtání otvoru



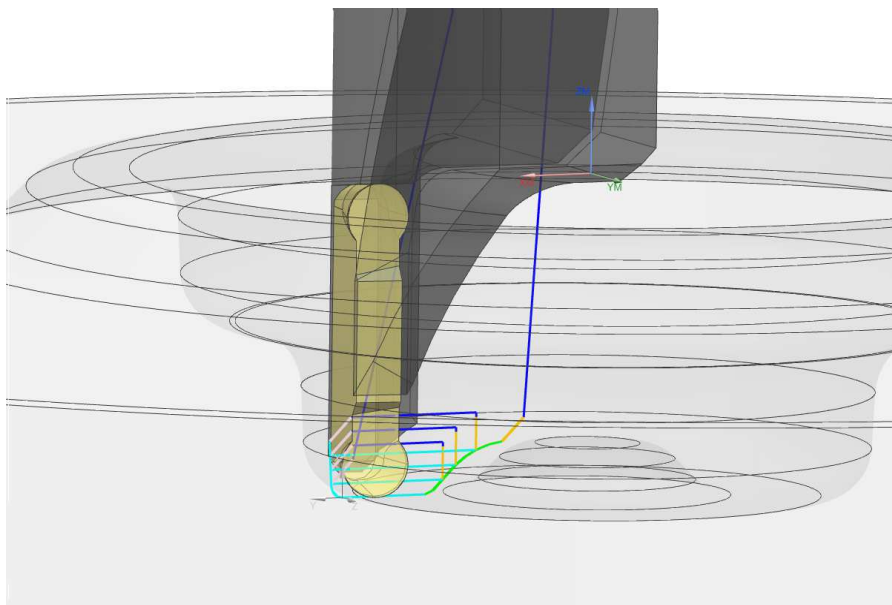
Obr. 126. Hrubování dutiny

Dutinu nebude možno dokončit pouze jedním nástrojem. Technolog je nucen vymyslet, jakým způsobem odebere materiál ve spodní části dutiny. V tomto místě se nachází žlábek, do kterého se hrubovací nástroj již nedostane. Využije proto čelního zapichovacího nástroje. Nástroj je zvláštní svým tvarem i funkcí a vymyká se běžným nástrojům používaným pro soustružení.

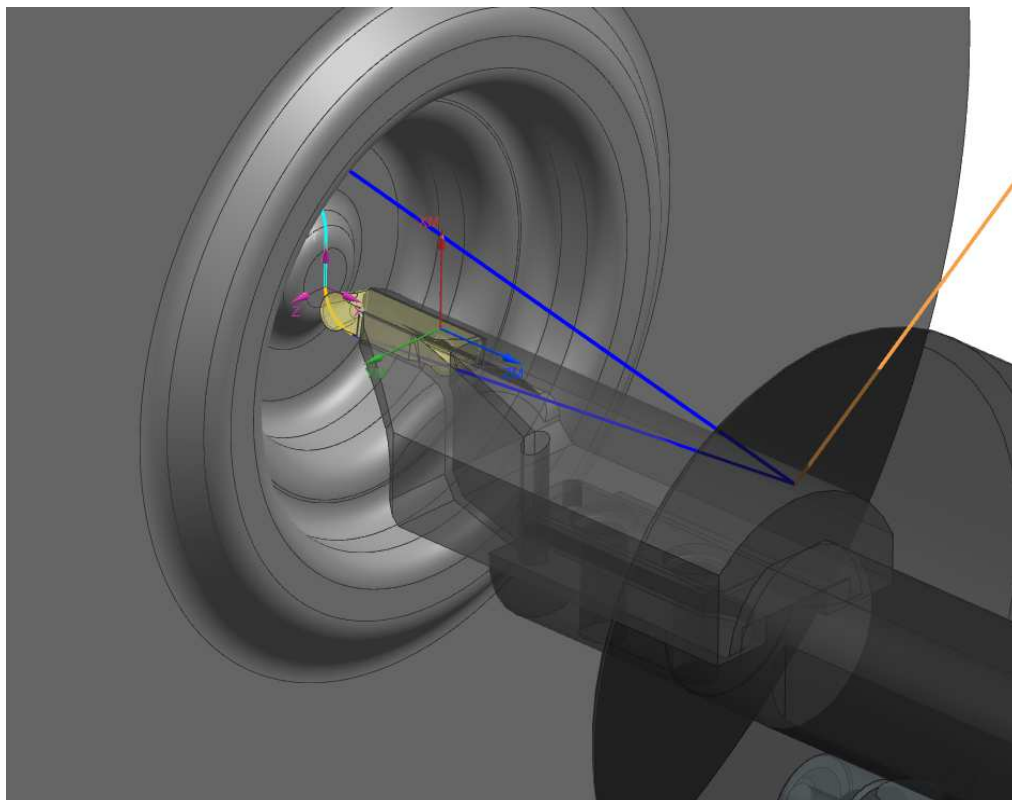


Obr. 128. Čelní zapichování

U příkladu je opět zřejmé, jakou výhodu poskytují vymodelované nástroje. Poskytují tak technologovi značnou jistotu v jeho možnostech obrábění dutin. Rozměry nástroje jsou na první pohled patrné a jasně definují, zda při obráběcím procesu dojde ke kolizi nástroje a obrobku.

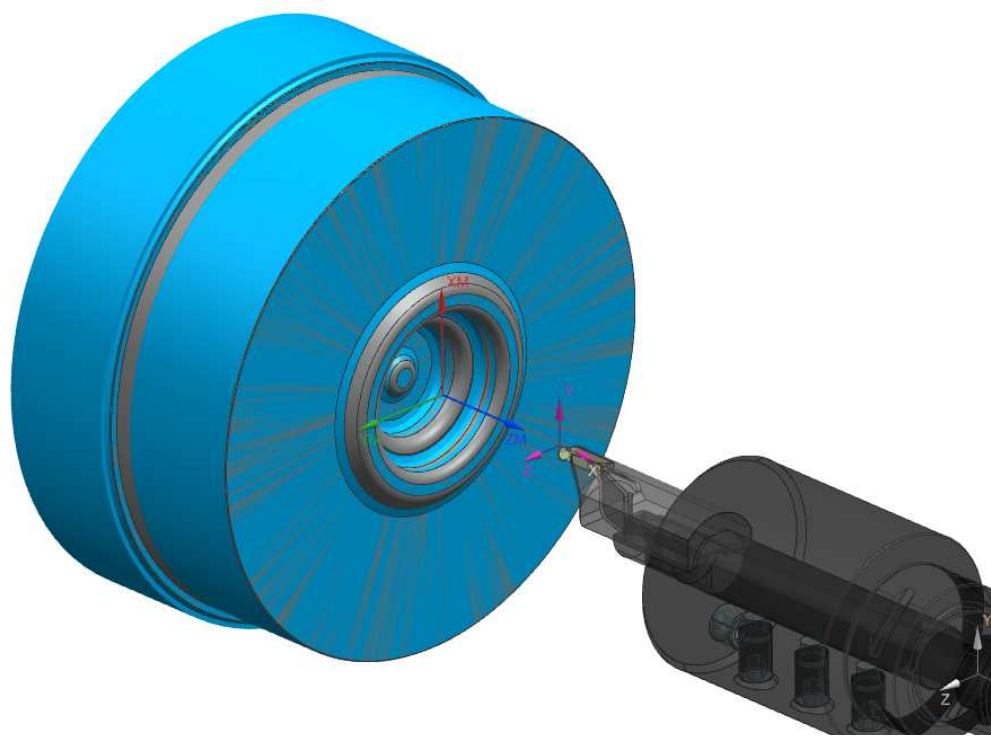


Obr. 129. Detail čelního zápichu při hrubování



Obr. 131. Dokončení dutiny

Závěrečná simulace povídá, zda se v jednotlivých částech programu nenachází chyby. Technolog tak kontroluje jednotlivé dráhy nástrojů. Jejich odjezdy a příjezdy.



Obr. 130. Závěrečná simulace obrábění

Name	P...	Tool	Time	Feed	Speed
GEOMETRY			00:09:31		
Unused Items			00:00:00		
MCS_SPINDLE_1			00:09:31		
WORKPIECE_1			00:09:31		
TURNING_WORKPIECE_1			00:09:31		
AVOIDANCE			00:07:44		
CELO	✓	TRIGON_R0.8	00:01:25	.3 mmpr	300 smm
D170_S_PRIDAVKEM	✓	TRIGON_R0.8	00:03:10	.3 mmpr	300 smm
CELO_TVAR_S_PRIDAVKE...	✓	TRIGON_R0.8	00:01:36	.3 mmpr	300 smm
CELO_TVAR	✓	TIZIT_55ST_R0.8	00:00:49	.25 mmpr	300 smm
ZAPICH	✓	TIZIT_55ST_R0.8	00:00:16	.25 mmpr	300 smm
HRANA	✓	TIZIT_55ST_R0.8	00:00:04	.25 mmpr	300 smm
AVOIDANCE_2			00:01:47		
D20_OTVOR	✓	ECOCUT_20_R1.2	00:00:02	.1 mmpr	250 smm
TVAR_VNITRNI_S_PRIDA...	✓	ECOCUT_20_R1.2	00:00:31	.3 mmpr	300 smm
TVAR_FINISH	✓	ECOCUT_20_R1.2	00:00:08	.2 mmpr	250 smm
TVAR_FINISH_2	✓	ECOCUT_20_R1.2	00:00:06	.2 mmpr	250 smm
TVAR_FINISH_3	✓	ECOCUT_20_R1.2	00:00:07	.2 mmpr	250 smm
TVAR_VNITRNI_S_PRIDA...	✓	HELIFACE_S4_R2_34_40	00:00:14	.2 mmpr	250 smm
TVAR_FINISH_4	✓	HELIFACE_S4_R2_34_40	00:00:08	.25 mmpr	250 smm
TVAR_FINISH_5	✓	HELIFACE_S4_R2_34_40	00:00:04	.25 mmpr	250 smm
TVAR_FINISH_6	✓	HELIFACE_S4_R2_34_40	00:00:03	.25 mmpr	250 smm

Obr. 132. Detailní přehled operací v NX

Pokud simulace proběhne bez nutnosti provádět úpravy v trajektoriích nástroje, technolog tak musí ještě zkontrolovat řezné podmínky, tj. posuv a otáčky vřetene v přehledu stromu. Výsledný čas obrábění dokáže také napovědět o správnosti a vhodnosti technologie. Pokud by byl čas obrábění příliš dlouhý, je třeba upravit nájezdy nástrojů, případně řezné podmínky. Všechny okolnosti však náleží zkušenostem technologa. Výsledným produktem je NC kód. Ten získá technolog po vygenerování post procesorem, který má připravený pro příslušný stroj a uložený ve funkci PostProcess v NX.

```

%
O0001
( CISLO VYKRESU - 00810_Z204V1_P1A)
( NAZEV SOUCASTI - SOUSTR.TVARY - D170 S PRIDAVKEM )
( POZNAMKA - POLOTOVAR *180 )
( PROGRAMOVAL - RMACHU )
N1 G99
N2 M41
( CELO )
N3 G50 S1000
N4 G00 X150. Z150. T0101
N5 G96 S300 M04
( SOUSTR. NUZ: TRIGON_R0.8 T1 )
( ; NUZ ISO TYP=W TRIGON )
N6 X189.38 Z2.472
N7 X183.6 Z0.0
N8 M08
N9 G01 X182. F.3
N10 X-1.6
N11 G00 X-3.2
N12 X189.38 Z2.472
( PR_170_S_PRIDAVKEM )
N13 X183.584 Z3.706
N14 X177.65 Z1.8
N15 G01 Z1.
N16 Z-52.65
N17 X180.
N18 G00 X181.131 Z-52.084

```

Obr. 133. Vygenerovaný NC kód

10.5 Technologický postup

Technologický postup výroby je dokument, který udává výrobě, jaké zpracovatelské operace musí daný materiál absolvovat, za účelem dosažení požadovaného výrobku.

Technologický postup může mít různé podoby, nejčastěji bývá použit v papírové formě a přiložen k výkresu dané součásti. Obsahuje všechny potřebné informace pro výrobu. Tyto informace zahrnují pořadí jednotlivých operací. Stroje, které musí být při výrobě použity, výrobní časy, takty, popis jednotlivých operací. Taky zde bývá uvedeno místo pro poznámky, datum tisku a zodpovědnou osobu.

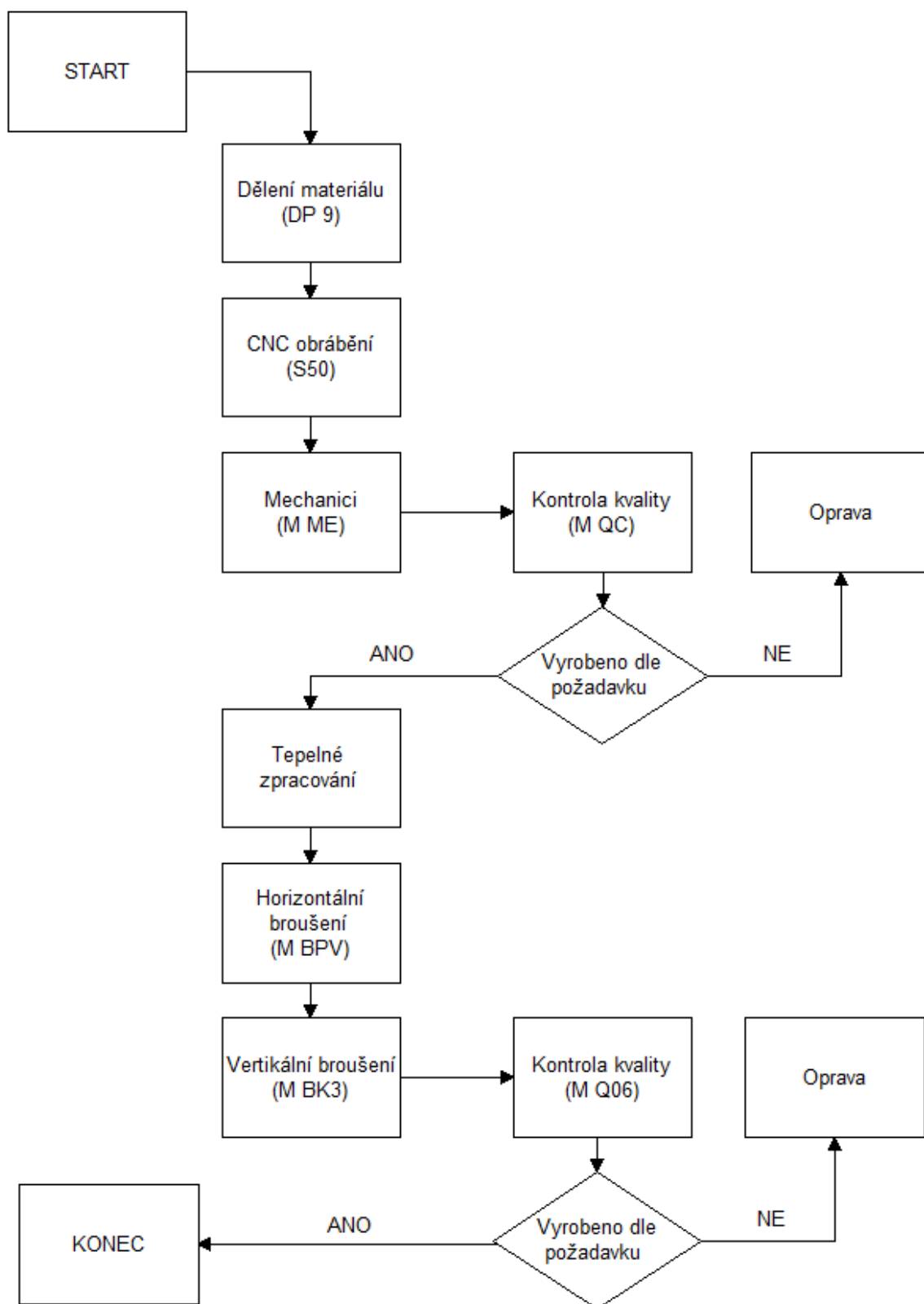
Pokud bude bráno v úvahu, že daný materiál, potřebný pro výrobu této zápustky, nákupčí zajistil v daném termínu, již čeká ve skladu na jeho zpracování, začíná výroba samotné zápustky dělením materiálu.

Daný materiál je přepraven po dílně k obráběcímu stroji. Zde je opracován, dle předem vyhotoveného programu CNC programu. Případné další obráběcí operace, jež si je obsluha schopna zhotovit sama, (vrtání otvoru) bude také zahrnuta do technologického postupu. Potřebný čas k vyhotovení jim bude přičten. Obsluha stroje zápustku označí a nechá předat mechanikům na ojehlení.

Po ojehlení daná zápustka putuje na středisko měření kvality, kde se rozhodne o její způsobilosti a správnosti výroby. Následuje předepsané, tepelné zpracování této zápustky. Zápustka podstupuje tepelné zpracování označované jako kalení, kdy dochází ke značnému zvýšení její tvrdosti. Toto zvýšení tvrdosti předepisuje konstruktér a provádí se na základě funkčních vlastností při výrobě. Zápustka musí být dostatečně tvrdá, aby vydržela v kovacím procesu výroby co nejdéle a nedocházelo tak k jejímu předčasnému opotřebení.

Tepelné zpracování má za následek, a to u větších průměrů zápustek, jejich nárůst. Zápustka se sice stává odolnou, ale její funkční rozměry, tedy středící průměr, základna a zámek se staly nefunkčními. Proto po tepelném zpracování musí následovat ještě série broušení. A to broušení na brusce na plocho, zde se brousí základna zápustky, broušení na brusce na kulato, kde se brousí její středící průměr.

Série opracování rotační zápustky končí ve chvíli, kdy kontrola nakonec zápustku zkontroluje, tj. proměří zejména její funkční rozměry opracované po kalení a uvolní tak tuto zápustku. Zápustka je převezena na kovárnu, kde je uložena v zakladači a čeká na kování.



Obr. 134. Vývojový diagram technologického postupu

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření databáze soustružnických nástrojů. V teoretické části jsou uvedeny poznatky a základní pojmy, týkající se technologie soustružení a základů řezného procesu.

V praktické části se věnuje pozornost databázi soustružnických nástrojů. Byla představena ukázka konstrukce běžného a speciálního soustružnického nástroje. Modely nástrojů posléze implementovány do prostředí knihovny NX. Vznikla tak databáze soustružnických nástrojů v NX. Pro větší efektivnost práce byly tyto nástroje vloženy do šablony. Šablonu pak může technolog využít při práci a ušetřit tak množství času s přípravou technologie. Databázi soustružnických nástrojů je možno průběžně obohacovat o nové modely nástrojů.

Výsledkem práce je tak ukázka aplikace takto připravené šablony i s databází soustružnických nástrojů. Na zadaném modelu zápustky je postupně představeno programování jednotlivých soustružnických operací s využitím nástrojů z databáze, která mimo běžných soustružnických nástrojů, obsahuje i modely nástrojů speciálních. V závěru proběhne simulace obrábění.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOČMAN, Karel. Technologické procesy obrábění. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [2] MÁDL, Jan a BARCAL Jaroslav. Základy technologie II [online]. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 55 s. [cit. 2015-01-23]. ISBN 80-010-2610-8
- [3] AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. Praha. Scientia, s. r. o. 1997. ISBN 91-97 22 99-4-6. Přel. z: Modern Metal Cuttig - A Practical Handbook.
- [4] HUMAR, A. *Technologie I - Technologie obrábění - 2. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, Ústav strojírenské technologie, Obor technologie obrábění. 2004. 95 stran. [online]. [vid. 2015-03-19]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf.
- [5] PŘÍKRYL, Zdeněk a MUSÍLKOVÁ Rosa. *Teorie obrábění*. Vyd. 3. Praha: Nakladatelství technické literatury SNTL, 1982, 240 s.
- [6] HUMAR, A. *Technologie I - Technologie obrábění - 1. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, Ústav strojírenské technologie, Obor technologie obrábění. 2003. 138 stran. [online]. [vid. 2015-01-04]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf.
- [7] *Materiály. Sandvik Coromant* [online]. 2015 [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/cscz/knowledge/materials/introduction/Pages/default.aspx>
- [8] BRENÍK, P a J PÍČ. *Obráběcí stroje: Konstrukce a výpočty*. Praha: SNTL, 1982, 571 s. ISBN 04-221-82.
- [9] MAREK, Jiří a Petr BLECHA. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Praha: MM Publishing, 2010, 420 s. ISBN 978-80-254-7980-3
- [10] BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. *Výrobní inženýrství a technologie*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014, 173s. ISBN 978-80-7454-471-2.
- [11] KOH, Jaecheol. *Siemens NX9 design fundamentals [a step by step guide]*. Seoul: ONSIA, 2014, XXII, 644s. ISBN 978-1-500739-14-0.
- [12] RAO, P. *CAD/CAM: principles and applications*. 3rd ed. New Delhi: McGraw Hill Education, 2010, XX, 768s. ISBN 978-0-07-068193-4.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

NX	Počítačový program.	
CAM	Počítačem podporovaná výroba.	
CNC	Číslicové řízení počítačem.	
CVD	Chemické napařování z plynné fáze.	
PVD	Fyzikální napařování.	
SK	Slinutý karbid	
VBD	Vyměnitelná břitová destička	
S'	Nástrojové vedlejší ostří.	
v_c	Řezná rychlost.	[mm.min ⁻¹]
v_f	Posuvová rychlost.	[m.min ⁻¹]
v_e	Rychlost řezného pohybu.	[m.min ⁻¹]
η	Úhel řezného pohybu.	[rad]
φ	Úhel posuvového pohybu.	[rad]
Q_e	Teplo řezného procesu.	[J]
E_e	Práce řezného procesu.	[J]
Q_{pe}	Teplo vznikající vlivem plastické deformace.	[J]
Q_γ	Teplo vzniklé díky tření mezi čeleme nástroje a třískou.	[J]
Q_α	Teplo vlivem tření mezi hlavním hřbetu nástroje a přechodovou plochou obrobku.	[J]
Q_t	Teplo odváděné třískou.	[J]
Q_n	Teplo odváděné nástrojem.	[J]
Q_{pr}	Teplo odváděné prostředím.	[J]
Q_o	Teplo odváděné obrobkem.	[J]
D	Průměr obrobku.	[mm]

n	Počet otáček.	[min ⁻¹]
f	Posuv za otáčku.	[mm]
F	Hlavní řezná síla.	[N]
F_c	Řezná síla.	[N]
F_f	Posuvová síla.	[N]
F_p	Pasivní síla.	[N]
k_c	Měrná řezná síla.	[N.mm ²]
η	Mechanická účinnost obráběcího stroje.	
P_m	Celkový výkon obráběcího stroje	[kW]
A_D	Plocha jmenovitého průřezu třísky.	[mm ²]
π	Ludolfovo číslo	

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Výkovek [10]</i>	11
<i>Obr. 2. Odlitek [11]</i>	11
<i>Obr. 3. Normalizovaný polotovar</i>	12
<i>Obr. 4. Ukázka soustružnických nástrojů – různá provedení. [6]</i>	12
<i>Obr. 5. Špička nástroje [2]</i>	13
<i>Obr. 6. Hlavní části obráběcího nástroje [2]</i>	13
<i>Obr. 7. Kinematika řezného procesu při soustružení [2]</i>	15
<i>Obr. 8. Základní rozdělení ploch</i>	16
<i>Obr. 9. Reálné vyobrazení ploch [12]</i>	16
<i>Obr. 10. Deformační oblasti procesu řezání [4]</i>	18
<i>Obr. 11. Základní druhy tvářených třísek [6]</i>	19
<i>Obr. 12. Nárůstek u kořene třísky [2]</i>	19
<i>Obr. 13. Nárůstek [2]</i>	19
<i>Obr. 14. Vznik a odvod tepla [4]</i>	20
<i>Obr. 15. Teplotní pole v zóně řezání [5]</i>	21
<i>Obr. 16. Řezné síly a odpory při soustružení [6]</i>	23
<i>Obr. 17. Oblasti použitých řezných materiálů [2]</i>	25
<i>Obr. 18. Hodnoty vlastnosti materiálů [2]</i>	25
<i>Obr. 19. Nepovlakované slinuté karbidy [7]</i>	27
<i>Obr. 20. Slinutý karbid skupiny K [2]</i>	27
<i>Obr. 21. Slinutý karbid skupiny P [2]</i>	28
<i>Obr. 22. Slinutý karbid skupiny M [2]</i>	28
<i>Obr. 23. Povlakované slinuté karbidy [7]</i>	29
<i>Obr. 24. Logo firmy Sandvik Coromant [7]</i>	29
<i>Obr. 25. Povlak 3. generace [2]</i>	29
<i>Obr. 26. Povlak 2. generace [2]</i>	29
<i>Obr. 27. Povlak 4. generace [5]</i>	30
<i>Obr. 28. Princip metody CVD [2]</i>	31
<i>Obr. 29. Princip metody CVD [2]</i>	31
<i>Obr. 30. Cermet na bázi TiCN [2]</i>	32
<i>Obr. 31. Cermety [7]</i>	32
<i>Obr. 32. Řezná keramika [7]</i>	33

<i>Obr. 33. Oxidační keramika [2]</i>	33
<i>Obr. 34. Smíšená keramika [2]</i>	34
<i>Obr. 35. Keramika z nitridu křemíku [2]</i>	34
<i>Obr. 36. Vyztužená keramika [2]</i>	34
<i>Obr. 37. Polykrystalický diamant [2]</i>	35
<i>Obr. 38. Polykrystalický diamant [7]</i>	35
<i>Obr. 39. Postup výroby vyměnitelné břitové destičky [2]</i>	36
<i>Obr. 40. Vliv řezných podmínek. [1]</i>	37
<i>Obr. 41. Vliv teploty na opotřebení. [1]</i>	37
<i>Obr. 42. Časová závislost opotřebení pro různé řezné rychlosti [1]</i>	38
<i>Obr. 43. Soustružnické operace s příslušnými nástroji. [12]</i>	39
<i>Obr. 44. Čelní soustružení</i>	39
<i>Obr. 45. Hrubovací nůž – pravý [12]</i>	39
<i>Obr. 46. Dokončovací nůž – pravý [12]</i>	40
<i>Obr. 47. Vnější soustružení</i>	40
<i>Obr. 48. Upichovací nůž [12]</i>	40
<i>Obr. 49. Upichovací operace</i>	40
<i>Obr. 50. Závitové nože – vnitřní a vnější [12]</i>	41
<i>Obr. 51. Soustružení závitu</i>	41
<i>Obr. 52. Operace vrtání</i>	41
<i>Obr. 53. Vrtací nástroj – speciál [12]</i>	41
<i>Obr. 54. Rýhovací rádlo [12]</i>	42
<i>Obr. 55. Operace rýhování</i>	42
<i>Obr. 56. Upnutí obrobku</i>	43
<i>Obr. 57. Čtyřčelistové sklíčidlo</i>	44
<i>Obr. 58. Univerzální sklíčidlo</i>	44
<i>Obr. 59. Opěra obrobku</i>	44
<i>Obr. 60. Způsob upnutí obrobku mezi hroty</i>	44
<i>Obr. 61. Kleštiny pro různé průměry materiálu</i>	45
<i>Obr. 62. Upínací deska</i>	45
<i>Obr. 63. Pravý a levý držák</i>	46
<i>Obr. 64. Držáky na nože s válcovou stopkou</i>	46
<i>Obr. 65. Držáky na vrtáky</i>	47

<i>Obr. 66. Kleštinový držák</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 67. Sklíčidlové držáky</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 68. Pravý a levý planžetový držák</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 69. Držák typu Veldon</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 70. Otočná revolverová hlava [13]</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 71. Univerzální hrotový soustruh [9]</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 72. Čelní soustruh [9]</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 73. Revolverový soustruh [9]</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 74. Svislý soustruh [8]</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 75. Automatický soustruh [13]</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 76. Výkovek</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 77. Logo Kovárna VIVA a.s.</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 78. Detaily VBD dané výrobcem</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 79. Orientovaný souřadný systém</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 80. Sketch VBD typu VCMT 110304E-UM</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 81. VBD s otvorem pro šroub</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 82. Základní model vyměnitelné břitové destičky</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 83. Parametry nástroje uváděné výrobcem</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 84. Dokončený model nástroje</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 85. Připravené komponenty pro sestavu</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 86. Vazby VBD</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 87. Kontrolní řez sestavou</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 88. Dokončená sestava nástroje a VBD</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 89. Tělo nástroje</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 90. VBD</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 91. Sestava nástroje</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 92. DR-MF-20L-2.25D</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 93. Tělo nástroje</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 94. VBD</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 95. Sestava zapichovacího nástroje</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 96. HFAIL 34-4T18</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 97. Připravena základní šablona</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 98. Tvorba šablony</i>	<i>67</i>

<i>Obr. 99. Importovaná STEP sestava nástroje</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 100. Vygenerovaný plátek</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 101. Překrytí plátku sestavy a plátku generovaného.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 102. Posunutí v ose Z</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 103. Posunutí v ose Y</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 104. Funkce pro import do knihovny.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 105. Určení špičky nástroje.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 106. Importovaný a připravený nástroj.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 107. Nahrát nástroj z knihovny</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 108. Předdefinovaná geometrie a databáze nástrojů s modely v šabloně</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 109. 3D model zadané součásti</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 110. Režim modeling v NX</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 111. Záložky CAM NX.....</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 112. Nabídka funkce vytvořit geometrii</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 113. Nulový bod, osový kříž a osa rotace</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 114. Definice nulového bodu a osového kříže</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 115. Definování obrobku</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 116. Určení bezpečnostního kvádru</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 117. Hranice obrobku.....</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 118. Definice polotovaru</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 119. Body pro výměnu nástroje a pracovní posuv</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 120. Soustružnické operace</i>	<i>83</i>
<i>Obr. 121. Zarovnání čela obrobku</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 122. Obrábění vnějšího průměru s přídavkem</i>	<i>85</i>
<i>Obr. 123. Detail přídavku na obrábění</i>	<i>85</i>
<i>Obr. 124. Simulace hrubování vnějších rozměrů</i>	<i>86</i>
<i>Obr. 125. Dokončování čela</i>	<i>87</i>
<i>Obr. 126. Hrubování dutiny.....</i>	<i>88</i>
<i>Obr. 127. Vizualní kontrola hloubky vrtání otvoru</i>	<i>88</i>
<i>Obr. 128. Čelní zapichování</i>	<i>89</i>
<i>Obr. 129. Detail čelního zápichu při hrubování.....</i>	<i>89</i>
<i>Obr. 130. Závěrečná simulace obrábění</i>	<i>90</i>
<i>Obr. 131. Dokončení dutiny.....</i>	<i>90</i>

<i>Obr. 132. Detailní přehled operací v NX.....</i>	<i>91</i>
<i>Obr. 133. Vygenerovaný NC kód</i>	<i>91</i>
<i>Obr. 134. Vývojový diagram technologického postupu</i>	<i>93</i>
<i>Obr. 135. Detail tvaru dutiny.....</i>	<i>94</i>
<i>Obr. 136. Soustružená zápustka</i>	<i>94</i>
<i>Obr. 137. Nadělený polotovár</i>	<i>94</i>

SEZNAM TABULEK

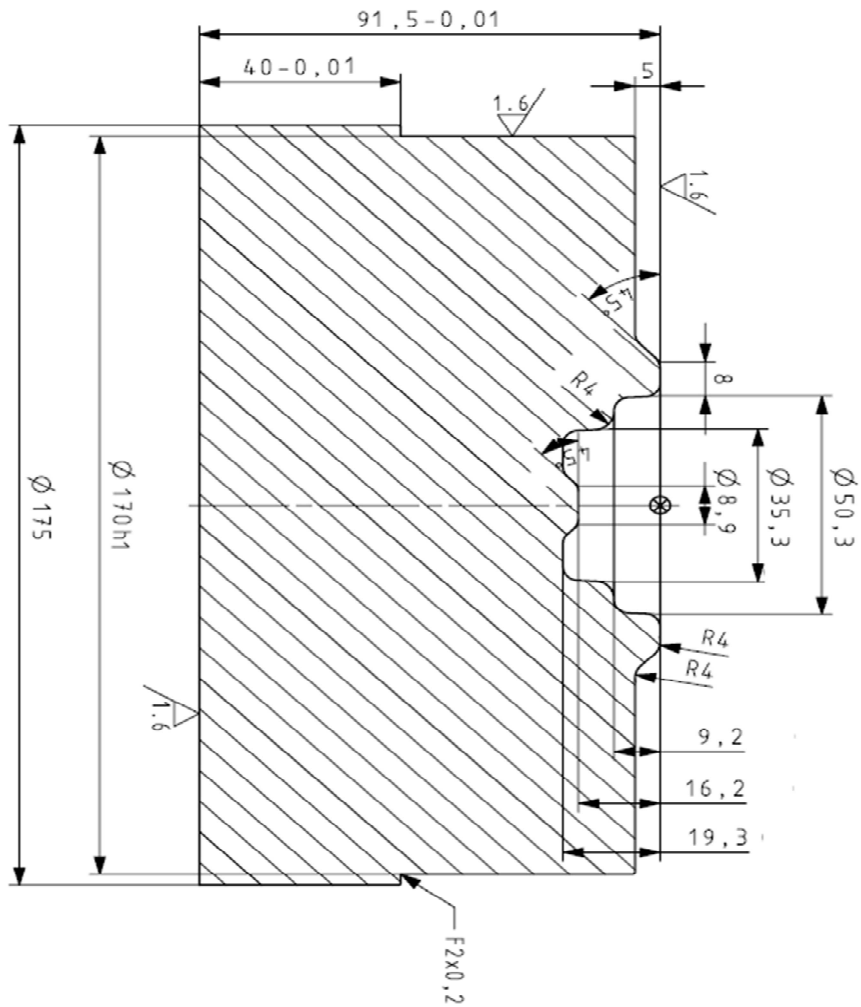
<i>Tab. 1. Přehled vlastností u ocelí</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 2. Databáze nástrojů</i>	<i>58</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1. Video prezentace

Příloha č. 2. Výkresová dokumentace

PŘÍLOHA Č. 2.




MUSTER A TVAR $\sqrt{1.6}$ LESTENO

3.2/1.6/

VYSKA MUSTKU 2mm
 VTKOVE HRANY R3
 NEKOTOVANE RADIUSY R3
 NEKOTOVANE UKOSY 3°
 VSEBECNE TOLERANCE DLE ISO 2768-mH
 TVAR VYKOVKU (DUTINY) VYROBIT V PRESNOSTI ±0.1

Zn.	Zmena	Datum	Jmeno

Nazev: PKOV ZAPUSTKA SPODNI		Jakost vstupni: 1.2343	
Kresil:	Datum:	Tvrlost po TZ: HRC 51 ± 1	
Schválil:	Datum:	Hl. vrstvy: -	
M 1:1 PRO A3	Revize: 0		
c.v.: 00AA1	naradi: Z204V1		
poz.: 1A	poc.ks: 1		