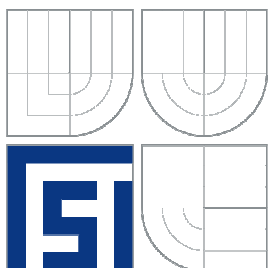


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

MOŽNOSTI ZEFEKTIVNĚNÍ VÝROBY POUŽITÍM NOVÝCH TYPŮ ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ

THE POSSIBILITY OF INCREASING PRODUCTIVITY BY USING A NEW
TYPE OF CUTTING TOOL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ VONDRA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ZDENĚK FIALA, Ph.D

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jiří Vondra

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Možnosti zefektivnění výroby použitím nových typů řezných nástrojů

v anglickém jazyce:

The possibility of increasing productivity by using a new type of cutting tool

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student provede průzkum dostupných řezných nástrojů na trhu a provede jejich srovnání. Nástroje budou vybírány pro možnosti konkrétní firmy pro vybraný typ technologie.

Cíle bakalářské práce:

1. Úvod
2. Aktuální literární studie dané problematiky
3. Průzkum trhu s řeznými nástroji
4. Využití získaných informací v technické praxi
5. Závěry

Seznam odborné literatury:


1. HUMÁR, A Materiály pro řezné nástroje. 1. ed., Praha, MM Publishing s.r.o., 2008, 235s.
2. FOREJT, M., PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9
3. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
4. PRAMET, Katalog nástrojů, [online]. 2010. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.pramet.com/indexc1b6.html>>
5. SANVIK CORONANT, Katalog nástrojů, [online]. 2009. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.coroguide.com/>>
6. ISCAR, Katalog nástrojů, [online]. 2003. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.iscar.cz/npa/npa.asp/CountryID/6/MenuItemID2/1088>>

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Fiala

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 4.12.2013





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá obecnými informacemi o soustružení a snahou najít možná vylepšení v obráběcím procesu pro potřeby konkrétní aplikace. Teoretická část popisuje základní výpočtové vztahy a používané nástrojové materiály. V druhé části je porovnáván sortiment tuzemského výrobce a zahraničních firem.

Klíčová slova

Soustružení, nástrojové materiály, vyměnitelné břitové destičky, soustružnické nástroje

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with general information about turning and trying to find possible improvement in turning process. It is for special applications. The first part describes the basic figures and tool materials. The second part is about comparing assortment of domestic producers and international companies.

Key words

Turning, tool materials, turning tools, indexable inserts

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VONDRA, Jiří. *Možnosti zefektivnění výroby použitím nových typů řezných nástrojů*. Brno 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 40 s. 7 příloh. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Fiala, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Možnosti zefektivnění výroby použitím nových typů řezných nástrojů** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Jiří Vondra

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Zdeňku Fialovi, Ph.D. a Martinu Kadlečikovi, zastupujícímu společnost LDM s.r.o., za cenné připomínky, rady a poskytnuté materiály při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 Soustružení.....	10
1.1 Kinematika soustružení.....	10
1.2 Geometrie a silový rozbor.....	11
1.3 Řezný výkon při soustružení.....	14
2 Obráběcí stroje.....	15
2.1 Soustružení v kusové a malosériové výrobě.....	15
2.2 Soustružení v sériové výrobě.....	15
2.3 Soustružení ve velkosériové a hromadné výrobě.....	15
3 Nástrojové materiály.....	16
3.1 Slinuté karbidy.....	16
3.2 Cermety.....	17
3.3 Řezná keramika.....	17
3.4 Supertvrdé řezné materiály.....	18
4 Seznámení se společnostmi LDM.....	19
4.1 CNC soustruh SPU 20.....	19
4.2 Kuželka VM S36 0215.....	20
5 Výrobní proces VM S36 0215.....	21
5.1 Příprava polotovaru.....	21
5.2 Hrubování a dokončovací operace.....	21
6 Možnosti zefektivnění.....	22
6.1 Varianta 1 - použití jiné VBD.....	22
6.1.1 Dormer Pramet.....	22
6.1.2 Sandvik Coromant.....	22
6.1.3 Seco Tools.....	22
6.2 Varianta 2 - sjednocení nástrojů.....	23
6.2.1 ISCAR - SUMOTEC.....	23
6.2.2 Dormer Pramet.....	23
6.3 Shrnutí.....	23
ZÁVĚR.....	25

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	26
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	28
SEZNAM PŘÍLOH.....	30

ÚVOD

Předkládaná práce se zabývá technologií soustružení a nástroji s ní spojeným. Cílem práce je nalezení možných vylepšení dle konkrétního zadání společnosti LDM s.r.o. za účelem zefektivnění výroby kuželky VM S36 0215. Na základě studia teoretických zdrojů, praktických zkušeností a informací ze společnosti LDM s.r.o. budou stanovena kritéria pro provedení průzkumu trhu s reznými nástroji. Výsledek rešerše bude podkladem pro změny ve výrobním procesu.

Soustružení je typ obrábění určený pro výrobu rotačních součástí. Reznými nástroji jsou obvykle jednobřité nože různých provedení a geometrií. Základním poznávacím prvkem je že hlavní pohyb, rotační, koná obrobek, zatímco nástroj koná pohyb přímočarý.

S nástupem informačních technologií se začaly objevovat stroje řízené počítačem, který dráhy nástroje čte z děrné pásky a později rovnou ze své interní paměti. Díky tomu je hromadná výroba mnohem přesnější a rychlejší.

Složitým vývojem prošly i nástrojové materiály. Dnes tak hojně používané slinuté karbidy jsou využívány teprve od počátku dvacátého století. Dnešní nástroje využívají moderní technologie tvorby povlaků, různých geometrií a dalších vylepšení pro maximální výkon a efektivitu při obrábění.

Do téže doby jako počátky slinutých karbidů (1909) se datuje založení společnosti na výrobu průmyslových armatur v České Třebové. Ta byla předchůdcem dnešní LDM s.r.o. S původní firmou jsou dnes společné jen některé prostory. Sortiment průmyslových armatur je vyvážen do celého světa a v největších odbytích je zastoupena svými dceřinými společnostmi.

V této práci jsou řešeny možnosti optimalizace a zvýšení produktivity soustružení kuželky jednosedlového ventilu z řady RV 21X se světlostí DN 125.

1 SOUSTRUŽENÍ

Soustružení je obrábění řeznými nástroji, při kterém se obvykle pomocí jednobřítých nástrojů zhotovují rotační součásti. Jedná se o nejjednodušší formu obrábění kovů. Při procesu soustružení přistupujeme s komplexním postupem, jelikož je potřeba zahrnout a zohlednit mnoho faktorů, ovlivňujících řezný nástroj. Jsou to například: tvar obrobku, materiál obrobku, náklady apod. ¹

1.1 Kinematika soustružení

Hlavní pohyb při soustružení je rotační a vykonává je obrodek. Je dán vztahem

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

V něm v_c je řezná rychlost, průměr obrobku D je v [mm] a otáčky n jsou v [min^{-1}]. Vedlejší pohyb vůči obrobku koná nástroj, soustružnický nůž. Jeho posuvová rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$] je definována posuvem na otáčku a otáčkami n .

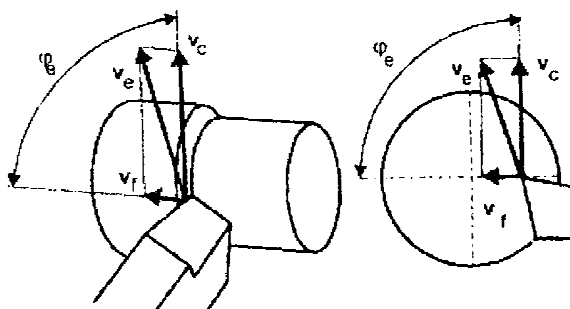
$$v_f = \frac{f \cdot n}{1000} \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (2)$$

Efektivní výsledný pohyb je vektorovým součtem řezného a posuvového pohybu

$$\vec{v}_e = \vec{v}_c + \vec{v}_f \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (3)$$

ve skalárním tvaru

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (4)$$



Obr. 1 Vektory rychlostí při soustružení ²

Odřezávaná vrstva materiálu je objem materiálu, který musí být odebrán nástrojem. Rozměr této odřezávané vrstvy je určen šířkou záběru ostří (dle dřívějších zvyklostí hloubkou třísky nebo řezu) a_p a šířkou destičky b . Průřez této vrstvy je označován jako A_D . Významná je i velikost plochy roviny smykové. Ta se určí jako průmět plochy řezu do roviny maximálních smykových napětí podle vztahu 5.

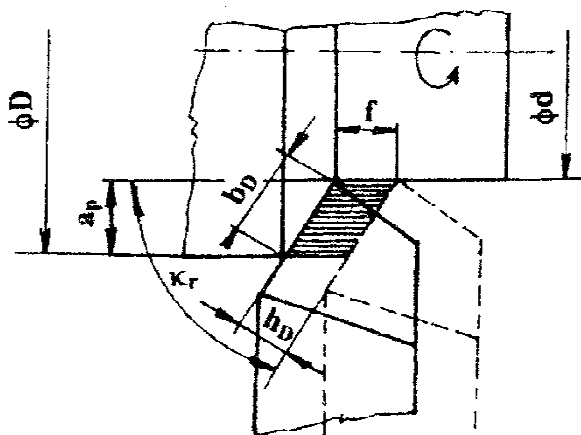
$$A_{Sh} = \frac{h_D \cdot b_D}{\sin \varphi} \text{ [mm}^2] \quad (5)$$

Pokud bereme v potaz i poloměr špičky nástroje, je výpočet průřezu pro běžné dílenské potřeby poměrně složitý. Střední hodnota tloušťky třísky je h_{dm} [mm], kde l_s [mm] je skutečná délka ostří v záběru.

$$h_{Dm} = \frac{A_s}{l_s} = \frac{a_p \cdot f}{l_s} \text{ [mm]} \quad (6)$$

Pozornost si také zaslouží určení průřezu třísky při soustružení malých přídavků a malých posuvech, které se praktikuje u přesného soustružení.

Řešení je ze vztahu mezi poloměrem špičky r_e a posuvem f , kde bereme v úvahu i poloměr ostří r_n . V těchto případech platí jiné zákonitosti tvorby třísky i materiálu. Problém je řešen pomocí fluidní mechaniky, protože se deformační chování materiálu podobá více proudění viskózní kapaliny než deformaci krystalického kovu.



Obr. 2 Rozměry třísky při soustružení⁴

1.2 Geometrie a silový rozbor

Nástroje představují geometrická tělesa, která jsou monobloková nebo skládaná. Jednotlivé části jsou obvykle popsány v normativních. Nejvýznamnějšími částmi nástroje jsou:

1. část **upínací** (stopka, držák),
2. část **řezná** (celistvá, dělené či výměnná)

Pro geometrické uspořádání ploch na nástrojích se využívá mezinárodní norma ČSN 22 0011, ISO 3002/1-77. Roviny jsou uspořádány v ortogonálním souřadnicovém systému, který definuje jednotlivé souřadnicové roviny ve vztahu k základní rovině a jednotlivým plochám na nástroji. Roviny jsou popsány v obrázku 4.

Čelo nástroje A_γ je plocha nebo souhrn ploch, po kterých se odvádí třísky. Pokud čelo tvoří více protínajících se ploch, označují se v indexu kromě γ ještě pořadovým číslem, které začíná od ostří (např. $A_{\gamma 1}$, $A_{\gamma 2}$, ...)

Utvařec třísky je část čelní plochy, jenž má za úkol lámání nebo svinování třísky. Dosahujeme toho díky vhodnému tvarování čela, nebo utvařec přiložíme.

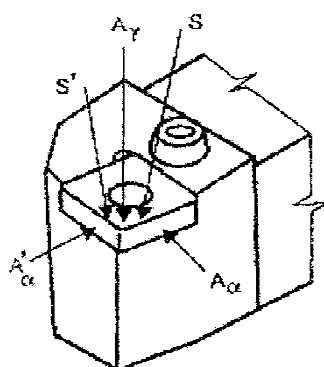
Hřbet nástroje (A_a , $A_{a'}$) je plocha nebo souhrn ploch, které při řezném pohybu míří k ploše obrobku. Pokud hřbet tvoří více protínajících se ploch, označují se v indexu kromě

α i pořadovým číslem ve směru od ostří (např. $A_{\alpha 1}$, $A_{\alpha 2}, \dots$). Hlavní hřbet A_{α} směřuje k přechodové ploše obrobku a vedlejší hřbet $A_{\alpha'}$ míří již obrobené ploše.

Ostří je prvek rezného nástroje, kterým je realizováno vlastní řezání.

Hlavní ostří S je část ostří, jež začíná v bodě, kde nástrojový úhel nastavení hlavního ostří κ_r je roven nule a má sloužit k vytvoření přechodové plochy na obrobku. V případě ostré špičky nástroje začíná hlavní ostří přímo na ostré špičce. Pokud je hodnota κ_r nenulová, je celé ostří hlavní.

Vedlejší ostří S' je část ostří, kde nástrojový úhel κ_r je roven nule, avšak ve směru od hlavního ostří. Vedlejší ostří koná dokončovací práci na obrobené ploše, nezúčastňuje se ale vytváření přechodové plochy. Nástroje, jako třeba upichovací nože, mohou mít několik vedlejších ostří.



Obr. 3 Základní plochy a ostří na soustružnickém noži²

Pracovní ostří S_e je ta část ostří, jež začíná v bodě, kde je nulový pracovní úhel κ_r , která má vytvořit přechodovou plochu na obrobku. Pokud má nástroj ostrou špičku, pracovní hlavní ostří začíná právě na ní. V případě, že κ_r není nulová v žádném bodě, je celé ostří pracovním hlavním ostřím.

Z vektorů pohybu při soustružení lze odečíst, že v důsledku změny polohy, tj. natočení základní roviny k efektivní rezné rychlosti, dochází ke změně geometrie rezného klínu nástroje. Vektor výsledného pohybu je základním kamenem pro vytvoření nové roviny, která je označována jako pracovní rovina. K této rovině jsou vztaženy úhly nástroje během procesu obrábění. Tyto úhly jsou označovány jako úhly pracovní. Pracovní úhly se mění dle nastavení břitu vůči obrobku nebo podle natočení základní roviny P_r .

Volba úhlů je ovlivňována nejvíce mechanickými a fyzikálními vlastnostmi obráběného materiálu. Méně výrazně je ovlivňována fyzikálními a mechanickými vlastnostmi nástrojového materiálu, reznými podmínkami, požadovanou jakostí, drsností a strukturou povrchu obrobené plochy a požadovanými vlastnostmi povrchové vrstvy obrobené plochy.

Nástrojový úhel nastavení ostří κ_r má vliv na tvar třísky a velikosti složek rezných sil (poměr posuvové a pasivní síly). Hodnoty úhlu jsou v intervalu od $0^\circ - 90^\circ$, avšak ve výjimečném případě u kopírovacích a vnitřních soustružnických nožů velikost úhlu nabývá až 98° . Úhel vedlejšího ostří κ_r' závisí na úhlech κ_r a ϵ_r (je dán tvarem břítové destičky). Jeho hodnota ovlivňuje strukturu povrchu.

Nástrojový úhel sklonu hlavního ostří λ_s má vliv na zatížení špičky nástroje a především tuhost břitu. Dále ovlivňuje první kontakt břitu s obrobkem a kudy bude odcházet tříska.

Kladný úhel (λ_s) znamená, že tříška jde směrem od obrobku, a při záporném ($-\lambda_s$) jde směrem k němu. Pro měkké a málo pevné materiály je obvykle kladný, naopak u pevných a tvrdých materiálů je úhel záporný. Rozsah hodnot je -6° až $+6^\circ$, nulová hodnota je též možná. V krajních případech je to od -40° do $+20^\circ$.

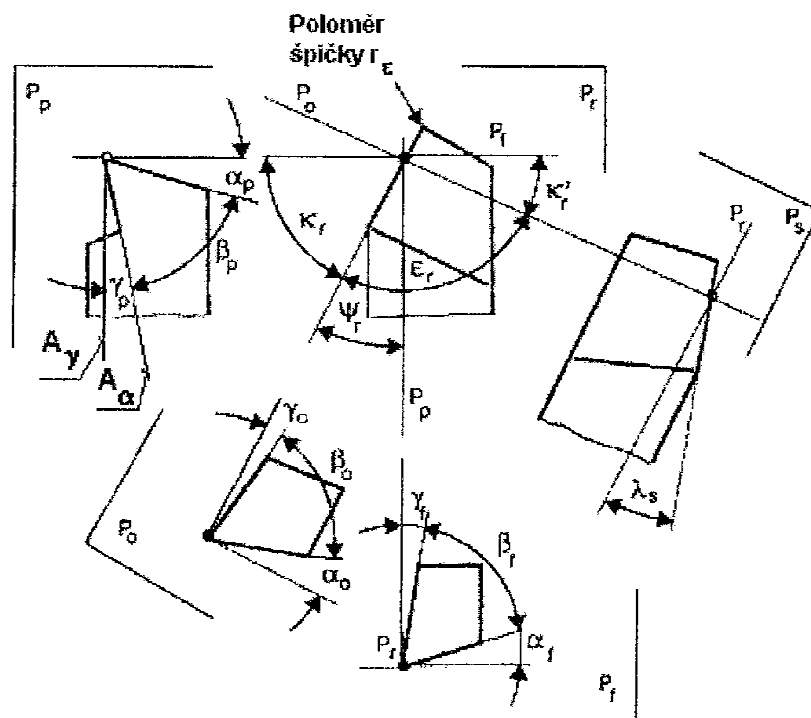
Nástrojový ortogonální úhel čela γ_o ovlivňuje velikosti řezné síly (při menším γ_o dochází k většímu pěchování třísky a tím růstu F_c), mechanismus tvorby třísky a její odchod z místa řezu a tuhost břitu (s menším γ_o roste β_o a tím roste i tuhost).

Nástrojový ortogonální úhel hřbetu α_o mění podmínky tření na hřbetu nástroje a tuhost břitu. Hodnoty úhlu jsou kladné okolo 10° , v extrémech pak od 3° do 25° . Větší hodnoty α_o jsou vhodné pro pevnější materiály, malou tloušťku třísky, vyšší řezné rychlosti a nízké posuvy. Vysoké hodnoty jsou vhodné pro slitiny hliníku.

Nástrojový ortogonální úhel břitu β_o ovlivňuje tuhost břitu. Úhel je od 40° do 100° , kdy malé hodnoty jsou pro materiály s nižší pevností a vysoké pro materiály s vysokou pevností.

Nástrojový ortogonální úhel řezu $\delta_o = \alpha_o + \beta_o$ je volen tak, aby byl břit dostatečně tuhý. Konfigurace je různá dle obrábění. Při hrubování je i 90° , protože γ_o je záporná.

Poloměr zaoblení špičky r_ϵ má velikost podle velikosti posuvů. Hodnoty jsou obvykle od $0,2 \div 5,0$ mm. Větší poloměr zvyšuje trvanlivost břitu, ta je ale vykoupena nárůstem pasivní síly. Na velikosti poloměru také závisí struktura povrchu.^{1, 2, 4}



Obr 4 Nástrojová geometrie soustružnického nože²

Řezná síla při soustružení (viz obr. 5) je vyjádřena základní jednotkou Newton [N] a řeznou sílu lze vyjádřit pomocí empirických vztahů, které využívají koeficienty zahrnující řezné podmínky.

$$F_c = C_{Fc} \cdot a_p^{x_{Fc}} \cdot f^{y_{Fc}} \text{ [N]} \quad (7)$$

Posuvová síla je dána obdobně

$$F_f = C_{Ff} \cdot a_p^{x_{Ff}} \cdot f^{y_{Ff}} \text{ [N]} \quad (8)$$

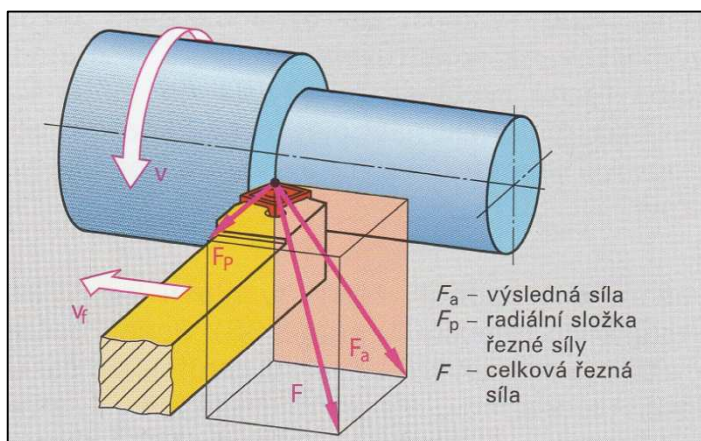
a pasivní (radiální) síla

$$F_p = C_{Fp} \cdot a_p^{x_{Fp}} \cdot f^{y_{Fp}} \text{ [N]} \quad (9)$$

pak výsledná síla při soustružení je dána vztahem

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2} \text{ [N]} \quad (10)$$

kde C_{Fc} , C_{Fp} , C_{Ff} jsou materiálové konstanty, x_{Fc} , x_{Ff} , x_{Fp} jsou exponenty vlivu šířky záběru ostří a_p a y_{Fc} , y_{Ff} , y_{Fp} jsou exponenty zahrnující vliv posuvu f .²



Obr 5 Silové působení při soustružení⁴

1.3 Řezný výkon při soustružení

Řezný výkon se uvádí ve wattech [W] nebo častěji ve větší jednotce kilowatech [kW]. Vztah pro výpočet výkonu

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60} \text{ [W]} \quad (11)$$

pro výsledek ve wattech, případně pro výslednou jednotku kilowatt.^{1,2}

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60000} \text{ [kW]} \quad (12)$$

2 OBRÁBĚCÍ STROJE

Podle počtu výrobků uvažujeme tři základní typy výroby ve strojírenství. Ty mají přímý vliv na vhodný výběr strojů a na jejich stupeň automatizace pro co nejlepší výsledný efekt výroby.⁵

2.1 Soustružení v kusové a malosériové výrobě

Záleží především na odbornosti a kvalifikaci obsluhy, tj. soustružníka. Vyžaduje se znalost všech funkcí stroje, schopnost výběru vhodného obráběcího nástroje, materiál nástroje a jeho geometrie a vhodné zvolení řezných podmínek. Protože je výroba velmi různorodá, lze použít jen minimum mechanizace. Prakticky se nepoužívá žádný automatizující prostředek, neboť seřízení stroje by zabralo mnohem více času než by se při obrábění mohlo ušetřit.

V kusové a malosériové výrobě je tedy nejčastěji používaným strojem univerzální hrotový soustruh. Ten umožňuje soustružení jak hřídelovitých i přírubovitých obrobků různých tvarů a velikostí, aniž by stroj musel být nějak náročně seřizován. V těžkém strojírenství jsou využívány krom hrotových soustruhů ještě čelní soustruhy a svislé soustruhy, tzv. karusely. Součásti tvarově složité se vyrábějí na číslicově řízených strojích pomocí předvolených cyklů.^{4,5}

2.2 Soustružení v sériové výrobě

V sériové výrobě se používá automatizovaných a produkčních hrotových soustruhů, revolverových soustruhů a různých poloautomatů. Obvykle je stroj vybaven mechanickými upínači obrobků a samočinnými pohyby držáků nástrojů. Pracovní cykly lze předvolit dle programů. Stroje jsou obvykle číslicově řízené. K rychlosti přispívá i snadné a jednoznačné upínání nástrojů, které je realizováno mimo stroj.

V opakovaných dávkách lze odladit řezné podmínky a výrobní postup dovést k nejkratšímu strojnímu času za optimální trvanlivosti nástroje. Nároky na obsluhu jsou mnohem menší než u kusové výroby.⁵

2.3 Soustružení ve velkosériové a hromadné výrobě

Ve velkosériové a hromadné výrobě se využívá univerzálních jednovřetenových nebo vícevřetenových soustružnických automatů se zásobníkem několika nástrojů. Používají se také jednoúčelové stroje, které jsou vyrobené jen pro jeden daný obrobek. Seřizování je časově náročné. U starších typů se jedná o přesné bubny a vačky. V dnešní době se používají číslicově řízené stroje se zásobníkem nástrojů, které jsou přeměřovány laserem, aby se zachovala přesnost rozměrů výsledného obrobku.

Stroje jsou obvykle vybaveny zásobníkem tyčí nebo jiných polotovarů, které se soustruží. Podávání polotovarů a obrobků je plně automatizované.⁵

3 NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY

3.1 Slinuté karbidy

Už od dávných dob jsou známy látky, které jsou tvrdší než kalená nástrojová ocel. Z přírodních materiálů je to například diamant nebo korund (Al_2O_3), které sice mohou být ve formě volného abraziva použité pro broušení, avšak pro svou nízkou houževnatost jsou pro výrobu celého nástroje nevhodné.

Průlom nastal ke konci devatenáctého století s vynálezem obloukové pece. Ta umožnila pracovat s materiály za mnohem vyšších teplot. Jako první byly karbidy wolframu W_2C a WC objeveny v Paříži. Tyto karbidy lze tavit a vytvořit eutektickou slitinu s teplotou tání $2525\text{ }^\circ\text{C}$. Tuto slitinu lze obtížně odlévat a následně brousit do požadovaných tvarů diamantovými kotouči. Struktura je však hrubozrnná a se spoustou defektů, proto je nelze využít na řezné ani lisovací nástroje.

Počátkem minulého století došlo ke zjištění, že dobré řezné vlastnosti u rychlořezných ocelí jsou dosaženy díky obsahu velmi tvrdých karbidických částic v kovové matici (zejména WC). Nejvýznamnějším průkopníkem v této oblasti byla německá firma Krupp, která ve třicátých letech dvacátého století dokázala karbidy zpracovávat do formy nástrojů s přesnou geometrií. Pod obchodní značkou WIDIA (z německých slov WIa DIAMant = jako diamant) představovala různé typy a modifikace karbidů. Majoritním byl i nadále karbid wolframu, ale postupně se přidávaly karbid tantalu TaC, karbid vanadu VC a jako pojivo byl ustálen kobalt.

V dnešní době máme slinuté karbidy povlakované a nepovlakované. Nepovlakované SK pro řezné aplikace jsou označovány dle normy ČSN ISO 513 (tabulka 1) a dělíme je do skupin označovanými písmeny a barvami.

Tabulka 1 Materiály a jejich značení ⁶

Značení nástrojových materiálů podle ČSN ISO 513		
Materiál		Symbol
Nepovlakované slinuté karbidy s obsahem primárního WC	Zrnitost $\geq 1\mu\text{m}$	HW
	Zrnitost $< 1\mu\text{m}$	HF
Nepovlakované cermety s obsahem TiC nebo TiN či obou		HT
Povlakované slinuté karbidy a cermety		HC
Řezná keramika (ŘK)	Oxidová ŘK s obsahem primárního Al_2O_3	CA
	Směsná ŘK na bázi Al_2O_3 s neoxidovými přísadami	CM
	Neoxidová ŘK s obsahem primárního Al_2O_3	CN
	Povlakovaná ŘK	CC
Supertvrdé materiály	Polykrystalický diamant	DP
	Polykrystalický kubický nitrid boru	BN

Skupina **P** označovaná modrou barvou pro obrábění železných kovů s dlouhou třískou. Řezný proces je obvykle s velkými řeznými silami a velkým opotřebením nástroje na čele (tzv. výmol). Tato skupina obsahuje velkou příměs karbidu titanu (TiC) a karbidu tantalu

(TaC), které snižují rychlost vymílání čela nástroje. Nevýhodou tuhých roztoků na bázi TiC je vyšší křehkost a nižší odolnost proti abrazi ve srovnání s WC.

Skupina **M** má univerzální použití pro materiály se střední a dlouhou třískou jako jsou třeba lité oceli, tvárné litiny a austenitické korozivzdorné oceli. Často se používají hrubovací a přerušované řezy. Řezné síly jsou vysoké nebo střední. Ostří se postupně vydroluje. Barva označení je žlutá.

Skupina **K** je značena červeně a vhodná pro materiály s krátkou třískou. Zejména tedy pro šedé litiny a nekovové materiály. Řezné síly jsou nízké a opotřebením je zejména abrazivní a adhezní.

Pro obrábění neželezných slitin je vhodná skupina **N** označená zelenou barvou. Slitiny na bázi hliníku, hořčíku, obrábění plastů, kompozitů ale i dřeva.

Skupinou s hnědým označením a písmenem **S** obrábíme slitiny titanu, žárovečné slitiny na bázi niklu, kobaltu nebo železa.

Poslední je skupina **H** označována tmavě šedou barvou. Vhodná pro obrábění zušlechťených a kalených ocelí a tvrzených litin.

Povlakované slinuté karbidy se vyrábějí dvěma základními metodami. První z nich je chemické napařování CVD (Chemical Vapour Deposition). Napařuje se jedné i více vrstev. Nanášejí se také mezivrstvy (např. TiC mezi vrstvy Al_2O_3) pro zlepšení adhezní pevnosti mezi podkladem a povlakem. Metoda fyzikálního napařování PVD (Physical Vapour Deposition) se objevila na počátku osmdesátých let dvacátého století. Nejpoužívanějším povlakem byl jednovrstvý nitrid titanu (TiN). Původně postačovalo jen několik typů povlaků, ale požadavky na ně postupně rostly, a tak došlo ke kombinování typů povlaků a nanášení různých tloušťek povlaků.^{1, 2, 4, 6, 21}

3.2 Cermety

Název pro tento poměrně mladý řezný materiál vznikl spojením slov CERamics (keramika) a METal (kov). Toto spojení má popisovat nástrojový materiál, který snoubí tvrdost keramiky a houževnatost kovu. Realita je však jiná a název zůstal z původního nadšení objevitelů. Jedná se o slinutý materiál, avšak jeho hlavní fází není WC, ale zejména TiC, Ti(C,N) (karbonitrid titanu) nebo TiN a Mo_2C (karbid molybdenu). Cermety nabízejí výhody vyšších řezných rychlostí při obrábění proti konvenčním slinutým karbidům. Výhodou je lepší termochemická stálost TiC než WC a větší odolnost proti vydrolování a vyšší pevnost materiálu.

Cermety jsou rozšířené pro dokončovací operace, protože kvůli své nízké adhezi a nízké náchylnosti k reakci s obráběným materiálem vytvářejí plochy s nízkou drsností povrchu.^{1, 2, 4, 6, 21}

3.3 Řezná keramika

Je to převážně krystalický materiál, jehož hlavní složkou jsou anorganické sloučeniny jiného než kovového charakteru. V dnešní době je však už významně zastoupený i podíl amorfní fáze. Mezi hlavní výhody patří vysoká tvrdost a odolnost proti plastické deformaci, vysokým teplotám, opotřebením, chemickým vlivům a korozi. Je dostupná i z domácích zdrojů za poměrně nízkou cenu.^{1, 2, 4, 6, 21}

3.4 Supertvrde řezné materiály

Pod tímto názvem se zahrnují synteticky vyrobené materiály jako je polykrystalický diamant (PKD) a kubický nitrid boru (KNB, anglicky CNB, polykrystalický PKNB). Oba materiály mají skvělé mechanické vlastnosti.

Diamant má nízkou teplotní stálost proto je nevhodné jej používat pro obrábění železných kovů. Při 650 °C se mění na grafit, a tak by docházelo k silné difuzi mezi nástrojem a obrobkem. Jeho využití je tedy především pro slitiny hliníku, mědi, kompozitních materiálů, titanu a jeho slitin, grafitu a jiných tvrdých přírodních materiálů.

Kubický nitrid boru má proti diamantu nižší tepelnou vodivost, ale větší tepelnou roztažnost. Je extrémně stabilní v dusíkové atmosféře, vakuu i na běžném vzduchu.^{1, 2, 4, 6, 21}

4 SEZNÁMENÍ SE SPOLEČNOSTÍ LDM

Firma LDM byla založena třemi zaměstnanci podniku Sigma Česká Třebová v roce 1991. Společnost LDM je výrobcem armatur pro průmyslové využití. V roce 1992 se poprvé firma představila na mezinárodním strojírenském veletrhu v Brně a téhož roku v Praze na veletrhu Pragothem, na němž měla premiéru řada mosazných ventilů RV 102. V roce 1995 získala firma know-how a nemovitosti zaniklé Sigmy. V roce 1997 získala certifikát systému řízení jakosti dle ISO 9001. V následujících letech firma vyvinula vlastní vysokotlaké ventily s vícestupňovou redukcí tlaku, vstřikovací ventily a redukční stanice pro současnou regulaci teploty a tlaku páry. Tyto armatury jsou používány i v jaderné energetice. V roce 2006 proběhla recertifikace systému řízení jakosti dle ČSN EN ISO 9001. V dnešních dnech nabízí firma široký sortiment průmyslových armatur různých světlostí a tlakových spádů. V roce 2013 proběhl v LDM recertifikační audit systému jakosti dle normy ČSN EN ISO 9001 a certifikace nových systémů řízení dle ČSN EN ISO 14001 (Environmentální systém řízení) a dle ČSN OHSAS 18001 (Systém řízení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci).⁷



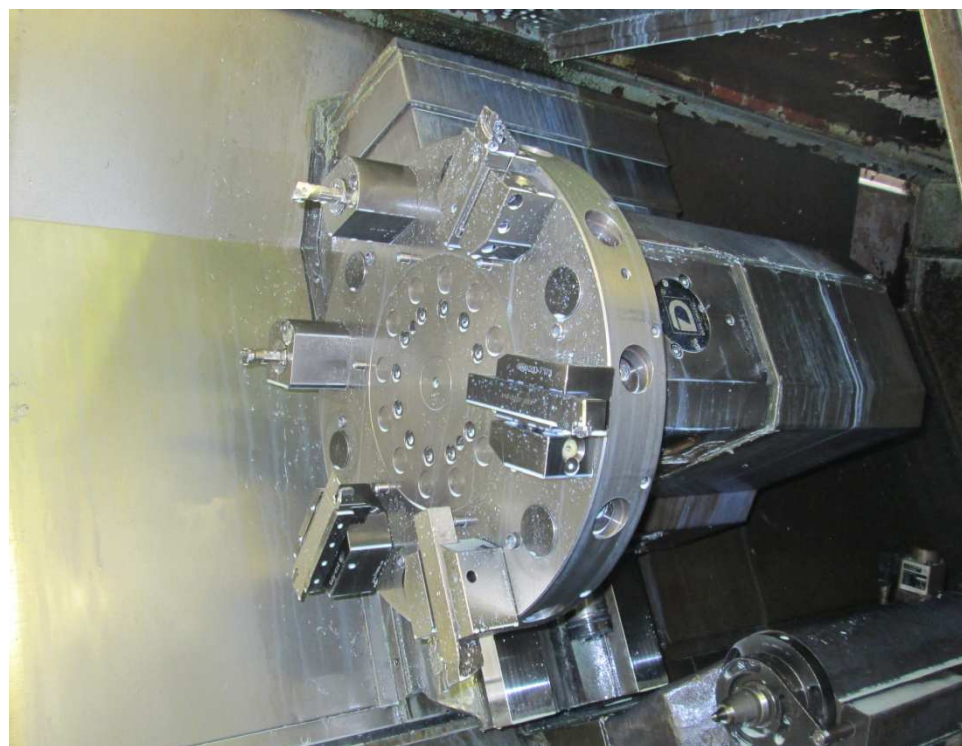
Obr. 6 Výrobní závod a sídlo firmy LDM s.r.o. ⁷

4.1 CNC soustruh SPU 20

Obráběcí soustružnické centrum české výroby firmy Kovosvit MAS (obr. 7) ze Sezimova Ústí disponuje výkonem včetně 22 [kW]. Rozsahy otáček jsou od 40 do 5000 [min⁻¹]. Stroj má jednu dvanáctipolohovou hlavu. Tato hlava umožňuje používat axiální i radiální naháněné nástroje. Maximální délka soustružení je 700 [mm], s maximálním oběžným průměrem nad ložem 600 [mm]. Na stroji lze obrábět dílce do hmotnosti 50 [kg] a při obrábění tyčového materiálu je největší možný průchozí průměr 65 [mm]. Ovládání stroje zajišťuje řídicí systém Sinumeric 810, který ovládá digitální pohony značky Siemens.



Obr. 7 SPU 20



Obr. 8 Otočná hlava s nástroji

4.2 Kuželka VM S36 0215

Kuželka je jednou z hlavních součástí jednosedlové armatury RV 210,211 se světlostí DN 125 a tlakovým spádem PN 16 a 40 pro regulaci a zastavení průtoku media. Konstrukce armatury je uzpůsobena pro ovládání pohony LDM, Siemens, Honeywell a další. Pracovním médiem může být kapalina, plyn nebo pára. Pozice 1 - Trubka je odlitek z materiálu 1.4027 (42 2906.5) a pozice 2 - Deska je z materiálu 1.4021 (17 022.6). Výkres součásti viz příloha 1. ⁸

5 VÝROBNÍ PROCES VM S36 0215

5.1 Příprava polotovaru

Kuželka je svařencem trubky a desky, který je svařován tavně a následně žíhán při 800 °C s výdrží na teplotě 60 minut na odstranění vnitřního pnutí.

5.2 Hrubování a dokončovací operace

Polotovar je upnut v tvrdých čelistech a jeho vysunutí je jednoznačně dáno dorazem ve sklíčidle. Nejprve je zarovnáno čelo včetně svaru. Hrubovacím nástrojem je destička ze slinutého karbidu firmy ISCAR typu WNMG 060408-GN IC 9025, která je upnuta v nástrojovém držáku PWLNR 2525 - M06. Po orovnění čela se přesoustruží válcový povrch na hrubo a je vytvořen otvor pro táhlo kuželky. Po dokončení otvoru je dokončeno čelo a povrch kuželky na průměru 128 [mm] destičkou DNMG 15 06 04 IC 8025 v nástrojovém držáku PDJNR 2525 15, viz přílohy 1, 2 a 3. Rozměry jsou kontrolovány mikrometrem a místa svaru vizuálně.

Druhé upnutí je realizováno do měkkých čelistí (viz příloha 1, 4, 5), aby nedošlo k poškození a otlacení obrobenej plochy. V čelistech je osazení, které určuje vysunutí kuželky od hrany čelistí. Délkový rozměr je ve všeobecné toleranci, proto je toto řešení dostačující. Nejprve je orovnáno čelo kuželky a hrubován průměr 125 b8 [mm]. Nástroj je stejný jako v prvním případě a obrábění vnitřní válcové plochy je stejnou hrubovací destičkou jen v držáku pro vnitřní soustružení S32T PWLNR 06 a S16Q PWLNR 06. Dokončení čela a vnějšího průměru kuželky 125 b8 [mm] je stejným dokončovacím nástrojem jako v prvním upnutí. Závěrečnou operací je řezání závitů v otvoru v čele. Ten slouží k uchycení táhla.

6 MOŽNOSTI ZEFEKTIVNĚNÍ

Při soustružení je nejvíce využívána destička WNMG 060408-GN IC 9025, kterou je hrubován i dokončován vnitřní průměr kuželky a hrubován vnější průměr. Posuvy f doporučené výrobcem jsou od 0,16 do 0,45 [mm/ot.] a hloubka řezu a_p od 1,0 do 3,5 [mm]. Posuvy při soustružení jsou záměrně malé (viz příloha 3 a 4), protože v povrchu odlitku je mnoho nečistot, které destičku ničí. Ve většině případů poškození dojde k prasknutí a VBD je dále nepoužitelná. Jakost IC 9025 má tvrdost 91 [HRA], typ povlaku CVD a vrstvy povlaků jsou TiCN + α Al₂O₃ + TiN. Význam jednotlivých písmen a čísel v označení destičky je v příloze 6.¹⁴

6.1 Varianta 1 - použití jiné VBD

První možností, jak výrobu zrychlit či zlevnit, je najít stejný typ destičky od jiného výrobce. Rešerše je zaměřena na českého výrobce nástrojů Dormer Pramet, předního světového výrobce Sandvik Coromant a Seco Tools.

6.1.1 Dormer Pramet

Uskupení Dormer Pramet vzniklo v roce 2014 spojením výrobcem nástrojů s VBD Pramet Tools s výrobcem monolitních nástrojů Dormer Tools. Spojení značek doplňuje sortiment a tím dokáže zákazníkům poskytnout kompletní řešení pro jejich výrobu.¹⁰

V elektronickém katalogu společnosti se jako nejvýhodnější varianta jevila destička WNMG s utvařečem RM ve spojení s materiálem T9325, který je vhodný pro těžké podmínky, přerušované řezy. V požadovaném rozměru 060408 jej však výrobce nenabízí.^{11, 13}

Alternativou pro náhradu používané destičky ve výrobě je WNMG 060408E-NM T9325. Utvařeč NM je vhodný pro korozivzdorné oceli. Má pozitivní geometrii břitů, nízký řezný odpor. Posuvové f rozmezí je mezi 0,2 až 0,4 [mm/ot.] s možnou šířkou záběru ostří a_p 0,2 až 1,5 [mm].^{11, 12, 13}

6.1.2 Sandvik Coromant

Švédská společnost s kořeny již v devatenáctém století je v současnosti gigantem na trhu s nástroji a celkovým know-how pro oblast obrábění kovů. Firma je zastoupena ve 130 zemích světa včetně České republiky.¹⁵

Pro obrábění VM S36 0215 nabízí švédská společnost destičku WNMG 060408 PM z materiálu 4325, který se dle výrobce vyznačuje dobrou tepelnou odolností a tím se prodlužuje životnost destičky. Hloubka řezu a_p 0,2 až 4,5 [mm] s posuvem f od 0,1 do 0,35 [mm/ot.]^{16, 17, 18}

6.1.3 Seco Tools

Společnost byla založena v meziválečném období a podílela se s firmou Krupp na vývoji řezných materiálů. V dnešních dnech nabízí podobně jako konkurenti kompletní technologické řešení pro všechny typy obrábění. Zastoupení společnosti je celosvětové.¹⁹

Nové destičky firmy SECO Tools mají barvu chromu a na každé hraně je i po krátkém řezu viditelná změna barvy. To je výhodou, protože často nelze rozeznat, jestli destička byla použita nebo ne. Pro aplikaci ve firmě LDM je vhodnou volbou WNMG 060408-MF2 TP2501. Materiál je na pomezí mezi tvrdým a houževnatým materiálem a je tak

univerzálně využitelný. Hloubka řezu a_p je 0,5 až 2 [mm] při posuvovém rozmezí f od 0,1 do 0,35 [mm/ot.].^{20, 21, 22}

6.2 Varianta 2 - sjednocení nástrojů

Druhou možností jak zjednodušit proces obrábění a ušetřit na vedlejších časech je navrhnout nástroj, který by dokázal uspokojivě zvládnout hrubování i dokončení v přesném rozměru.

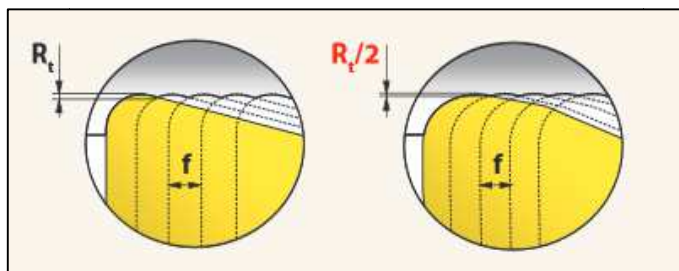
6.2.1 ISCAR - SUMOTEC

Pro tuto variantu je volena destička značky ISCAR WNMG 060408-F3P IC8250. Utvařec F3P má pozitivní úhel čela, snadno vniká do materiálu a tím se zvyšuje jeho životnost. IC 8250 je materiál ze série SUMO TEC. Je houževnatý a výrobce uvádí vysokou odolnost proti vyštipování a plastické deformaci. Doporučené řezné podmínky pro nástroj jsou a_p 0,9 až 3,0 [mm] a posuvem f 0,08 až 0,25 [mm/ot.].²³

6.2.2 Dormer Pramet

Český výrobce nabízí v novém katalogu hladicí destičky s utvařecem W-MR. Ten by za stejných posuvů měl dosáhnout poloviční drsnosti povrchu (obr. 9). Destička je dostupná v materiálu T9325, který je vhodný pro nestabilní podmínky a přerušovaný řez. Pro destičku WNMG 060408W-MR výrobce doporučuje posuv f od 0,2 do 0,7 [mm/ot.] se záběrem

a_p 0,8 až 3,0 [mm].¹³



Obr. 9 Rozdíl mezi standardní destičkou a geometrií W-MR¹¹

6.3 Shrnutí

Rešerše zahrnuje tři výrobce nástrojů. Dormer Pramet byl volen jako zástupce tuzemského trhu, Sandvik Coromant jako světový gigant a výrobce SECO Tools jako zahraniční výrobce, který není komerčně tolik známý. V tabulce 2 jsou parametry VBD pro přímé srovnání.

Tabulka 2 Přehled vybraných VBD

Výrobce	Označení	Posuv f [mm.ot ⁻¹]	Šířka záběru ostří a_p [mm]
Používaná destička			
ISCAR	WNMG 060408-GN IC9025	0,16 – 0,45	1,0 – 3,5
Alternativní varianty			
DORMER PRAMET	WNMG 060408E-NM T9325	0,20 – 0,40	0,2 – 1,5
SANDVIK COROMANT	WNMG 060408 PM 4325	0,10 – 0,35	0,2 – 4,5
SECO Tools	WNMG 060408-MF2 TP2501	0,10 – 0,35	0,5 – 2,0
Sjednocení nástroje			
ISCAR	WNMG 060408-F3P IC8250	0,08 – 0,25	0,9 – 3,0
DORMER PRAMET	WNMG 060408W-MR T9325	0,20 – 0,70	0,8 – 3,0

ZÁVĚR

V práci bylo cílem porovnání předních výrobců nástrojů a pokusit se najít jiný typ, který by dokázal zefektivnit výrobu zadané součásti. Úvod práce přibližuje nástrojové materiály a charakterizuje řezný proces.

V praktické části práce jsou uvedeny možné varianty změn v aktuální technologii soustružení. Důraz při průzkumu trhu byl kladen na zachování původních držáků, aby nedocházelo k dalším nákladům. Při zachování stejného principu obrábění, kde je venkovní průměr kuželky dokončován jiným nástrojem, než kterým je hrubován, nabízí VBD od Sandvik Coromant WNMG 060408 PM 4325 největší hodnotu a_p a to 4,5 mm. Naopak nejmenší šířku záběru ostří 1,5 mm uvádí WNMG 060408E-NM T9325 od Dormer Pramet. Velikost posuvu na otáčku je největší pro WNMG 060408E-NM T9325 s hodnotou $0,40 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$. VBD od SECO Tools a Sandvik Coromant umožňuje maximální posuv $0,35 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$. Kuželka se však záměrně soustruží posuvem $0,22 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$, protože řez je velmi nestabilní, přerušovaný a povrch polotovaru je plný nečistot, například slévárenského písku. Maximální a_p je 2,0 mm a tomu vyhovují všechny nalezené VBD. **Dodavatele VBD proto není nutné měnit**, protože žádná z alternativ nenabízí zlepšení a ISCAR má své přímé zastoupení firmou ISCAREX s.r.o a skladové zásoby mohou být doručeny v řádech hodin.

Varianta vynechat nástroj PDJNR 2525 DNMG 15 06 04 IC 8025 a hrubovat i dokončovat stejnou destičkou WNMG ušetří čas při výměně nástroje a zjednoduší technologický postup i NC kód. Rozmezí a_p je 0,9 – 3,0 mm pro ISCAR, respektive 0,8 – 3,0 mm pro Dormer Pramet. Posuv pro druhého jmenovaného je však až $0,70 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ proti $0,25 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ VBD od firmy ISCAR. Z porovnání těchto nástrojů vyplývá, že díky hladicí technologii a možnosti dokončování za vysokých posuvů **je vhodnější VBD od firmy Dormer Pramet WNMG 060408W-MR T9325**. Zároveň **nedochází ke změně držáku** a tím dalším nákladům. Toto řešení by se mělo vyplatit a **zlevnit celý proces**.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIC CZ s.r.o. *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. 1. české vyd. Praha: Scientia, 1997, 1 sv. 857 s. ISBN 91-972-2994-6.
2. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Přel. M. Kudela. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
3. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIC CZ s.r.o. *Produktivní obrábění kovů*. Sandviken: Sandvik Coromant, 1997, 300 s.
4. FISCHER, Ulrich. *Základy strojnictví*. 1. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2004, 290 s. ISBN 80-867-0609-5.
5. MIKOVEC, Miroslav. *Příručka pro soustružníky*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1972, 402 s.
6. HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
7. O společnosti. *LDM* [online]. 2009 [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.ldmvalves.com/cz/o-spolecnosti.html>
8. Ventily řady 200 line. *LDM* [online]. 2009 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.ldmvalves.com/cz/vyrobky/regulacni-a-uzaviraci-ventily/rvhuuv-2xx-200-line/rvhuuv-2x0.html>
9. E-katalog. *ISCAR* [online]. 2015 [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://www.iscar.com/eCatalog/Index.aspx>
10. Profil společnosti. *DORMER PRAMET*. [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.dormerpramet.com/cs-cz/company/who-we-are>
11. HUDOS, Radek. Upgrade materiálů pro obrábění. *MM SPEKTRUM* [online]. 2013 [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/upgrade-materialu-pro-obrabeni.html>
12. Katalog geometrie nm xxmg. *M&V*. 2 strany. [online]. cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://katalog.mav.cz/data/upload/files/44718-geometrie-nm-xxmg-.pdf>
13. News catalougue 2015 CZ-EN screen. *DORMER PRAMET*. 42 stran [online]. 2015 [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.dormerpramet.com/Downloads/News%20catalogue%202015%20Pramet%20CZ-EN%20screen.pdf>
14. E-katalog. *ISCAR* [online]. 2015 [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.iscar.com/eCatalog/Family.aspx?fnum=489&mapp=IS&app=44&GFSTYP=M&cat=3602890>
15. Naše historie. *SANDVIK COROMANT*. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/aboutus/our_history/pages/default.aspx
16. Metal working products. *SANDVIK COROMANT*. 10 stran. [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/pdf/Metalworking_Products_061/tech_a_7.pdf

17. Soustružnické nástroje. *SANDVIK COROMANT* [online]. 2015 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: http://sandvik.ecbook.se/SE/cs/Turning_Tools_2015/
18. GC4325 cemented-carbide grade from Sandvik Coromant is suitable for steel turning. *THE ENGINEER*. [online]. 2013 [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://source.theengineer.co.uk/production-and-automation/finishing-and-pre-treatment/coatings-and-surface-treatment/gc4325-cemented-carbide-grade-from-sandvik-coromant-is-suitable-for-steel-turning/2015430.article>
19. History. *SECO TOOLS*. [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://legacy.secotools.com/template/start.asp?id=2919>
20. Seco news 2011. *SECO TOOLS*. 2 strany. [online]. 2011 [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: https://www.secotools.com/CorpWeb/Downloads/seconews1_2011/concertina_folds/gb/G_B_Folder_MF2_HR_%28CMYK%29.pdf
21. Katalog 2015. *SECO TOOLS*. 703 stran. [online]. 2015 [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: https://www.secotools.com/CorpWeb/Czech%20Republic/katalogy/2015/CZ_Catalog_Turning_2015_LR.pdf
22. Brožura Duratomic. *SECO TOOLS*. 6 stran. [online]. 2015 [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: https://www.secotools.com/CorpWeb/Czech%20Republic/bro%C5%BEury/CZ_Duratomic_TP%20Grades%20Leaflet_LR_in%20order.pdf
23. *Katalog nových produktů*. ISCAR, 03/2014. 4. vydání. 256 stran

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer numeric control
CVD	[-]	Chemical Vapour Deposition
KNB	[-]	Kubický nitrid boru
PKD	[-]	Polykrystalický diamant
PKNB	[-]	Polykrystalický nitrid boru
PVD	[-]	Physical Vapour Deposition
SK	[-]	Slinutý karbid
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička
Symbol	Jednotka	Popis
A_{α}	[-]	Hřbet nástroje
A_{γ}	[-]	Čelo nástroje
a_p	[mm]	Šířka záběru ostří
A_D	[mm ²]	Průřez vrstvy
A_S	[mm ²]	Průřez vrstvy (pro výpočet s poloměrem ostří)
A_{Sh}	[mm ²]	Průřez vrstvy ve smykové rovině
b	[mm]	Šířka destičky
b_D	[mm]	Délka ostří v řezu
C_{Fc}	[-]	Materiálová konstanta pro řeznou sílu
C_{Ff}	[-]	Materiálová konstanta pro posuvovou sílu
C_{Fp}	[-]	Materiálová konstanta pro pasivní sílu
d	[mm]	Obrobený průměr
D	[mm]	Obráběný průměr
f	[mm.ot. ⁻¹]	Posuv
h_D	[mm]	Tloušťka třísky
h_{Dm}	[mm]	Střední hodnota tloušťky třísky
l_s	[mm]	Délka ostří v záběru
n	[1.min ⁻¹]	Otáčky
P_r	[-]	Základní nástrojová rovina
r_{ϵ}	[mm]	Poloměr špičky nástroje

r_n	[mm]	Poloměr ostří nástroje
S	[-]	Hlavní ostří
S'	[-]	Vedlejší ostří
S _e	[-]	Pracovní ostří
v_c	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost
v_e	[m.min ⁻¹]	Efektivní rychlost
v_f	[m.min ⁻¹]	Posuvová rychlost
x_{Fc}	[-]	Exponent vlivu šířky záběru ostří pro řeznou sílu
x_{Ff}	[-]	Exponent vlivu šířky záběru ostří pro posuvovou sílu
x_{Fp}	[-]	Exponent vlivu šířky záběru ostří pro pasivní sílu
y_{Fc}	[-]	Exponent vlivu posuvu pro řeznou sílu
y_{Ff}	[-]	Exponent vlivu posuvu pro posuvovou sílu
y_{Fp}	[-]	Exponent vlivu posuvu pro pasivní sílu
α_o	[°]	Úhel hřbet
β_o	[°]	Úhel břitu
γ_o	[°]	Úhel čela
δ_o	[°]	Úhel řezu
κ_r	[°]	Úhel nastavení ostří
κ_r'	[°]	Úhel nastavení vedlejšího ostří
λ_s	[°]	Nástrojový úhel sklonu hl. ostří
φ	[°]	Úhel mezi vektory

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výrobní výkres VM S36 0215
Příloha 2	Seřizovací list 820.0117
Příloha 3	Program 820.0117
Příloha 4	Seřizovací list 820.0129
Příloha 5	Program 820.0129
Příloha 6	Technologický postup VM S 36 0215
Příloha 7	System značení VBD dle ISO

PŘÍLOHA 1 - VÝROBNÍ VÝKRES VM S36 0215

Výkres ve formátu A3 je vložen v deskách bakalářské práce.

PŘÍLOHA 2 - SEŘIZOVACÍ LIST 820.0117

SEŘIZOVACÍ LIST PRO SPU 20		
Název Součásti: KUŽELKA		Číslo výkresu: 3VM S36 0215
Číslo programu: 820. 0117		Upnutí: TVRDÉ ČELISTI pr.132
Číslo podpr :-----		Operace č: 2 Vysunutí -----
Osazení nástrojové hlavy		
T1 <i>N100</i>	PWLNR 2525 - M06 WNMG 060408 - GN IC 9025	Zarovnat čelo,soustružit na hrubo. Korekce D1
T2		
T3 <i>N330</i>	Vrták pr.32 Red.dr.Mo3	Navrtat otvor. Korekce D3
T4		
T5 <i>N390</i>	Vrták pr.12 Red.dr.Mo2/1	Vrtat otvor pr.12 skrz. Korekce D5
T6		
T7 <i>N460</i>	S10H SCFCR 06 CCMT 06 02 04 IC 30N	Soustružit otvor na hrubo i na čisto. Korekce D7
T8		
T9 <i>N730</i>	PDJNR 2525 DNMG 15 06 04 IC 8025	Soustružit povrch na čisto. Korekce D9
T10		
T11 <i>N30</i>	PN 22 05 18 SNMM 12 04 08 KRUPP	Zarovnat čelo včetně návaru. Korekce D11
T12		

PŘÍLOHA 3 - PROGRAM 820.0117

```
%MPF 117
N10 G16 Z X
N20 G92 S1500
N30 T11
N40 D11
N50 G0 G54 G90 G96 X140 Z0.1 S30
M3
N60 G1 X75 F0.15 M8
N70 G96 S70
N80 G1 X6
N90 G0 X120 Z250 M9
N100 T1
N110 D1 G0 G96 X140 Z0.1 S90 M3
N120 G1 X125 M8
N130 G96 S70
N140 G1 X80
N150 G96 S90
N160 G1 X8
N170 G0 Z2.1
N180 X128.488
N190 Z1
N200 G1 Z-3.468 F0.25
N210 G0 X130.488 Z-2.468
N220 Z1
N230 X124.975
N240 G1 Z-1.756
N250 G0 X126.975 Z-0.756
N260 Z1
N270 X121.463
N280 G1 Z-0
N290 X128.4 Z-3.469
N300 Z-35
N310 G0 X130.4 Z-33
N320 Z250 M9
N330 T3
N340 D3 G0 G95 X0 Z5 S212 M3
N350 G1 Z-4.1 F0.15 M8
N360 G4 F2
N370 G0 Z5
N380 Z150 M9
N390 T5
N400 D5 G0 G95 X0 Z5 S278 M3
N410 G1 Z0 F0.5
N420 G1 Z-26 F0.18 M8
N430 G0 Z0
N440 Z150 M9
N450 X100
N460 T7
N470 D7 G0 G96 X13.723 Z50 S50 M3
N480 Z0.5
N490 G1 Z-4.9 F0.12 M8
N500 G0 X13.323 Z-4.7
N510 Z0.5
N520 X15.446
N530 G1 Z-4.234
N540 G0 X15.046 Z-4.034
N550 Z0.5
N560 X17.169
N570 G1 Z-1
N580 X16.5 Z-1.334
N590 Z-4.093
N600 X14.5 Z-4.361
N610 Z-4.9
N620 G0 X14.1 Z-4.7
N630 Z-1
N640 X15.5
N650 Z-1.43
N660 G1 X16.5 F0.12
N670 X17.37 Z-1
N680 X80 F0.08
N690 Z-0.4
N700 X81.4 Z0.05
N710 G0 X76.634 Z1.883 M18
N720 Z250 M9
N730 T9
N740 D9 G0 G96 X130 Z150 S70 M3
N750 Z1 M8
N760 G1 Z-0 F0.12
N761 X75
N762 G0 Z1
N770 X121.531
N771 G1 Z-0
N780 X128 Z-3.234
N790 G96 S100
N800 Z-21.4
N810 G0 X132 Z-19.4
N820 Z150 M9
N830 D0 X350 Z350 M5
N840 T11
N850 M30
```

PŘÍLOHA 4 - SEŘIZOVACÍ LIST 820.0129

SEŘIZOVACÍ LIST PRO SPU 20		
Název Součásti: KUŽELKA		Číslo výkresu: VM S36 0215/219/227
Číslo programu: 820. 0129		Upnutí: MĚKKÉ ČELISTI pr.128
Číslo podpr :-----		Operace č: 4 Vysunutí -----
Osazení nástrojové hlavy		
T1 <i>N30</i>	PWLN R 2525 - M06 WNMG 060408-GN IC 9250	Zarovnat čelo, soustružit na hrubo. Korekce D1
T2		
T3 <i>N200/820</i>	S16Q PWLN R 06 WNMG 060408-GN IC 9250	Soustružit osazení pr.50 na hrubo. Korekce D3
T4		
T5 <i>N320</i>	S32T PWLN R 06 WNMG 060408-GN IC 9250	Protočit otvor na hrubo a na čisto. Korekce D5
T6		
T7 <i>N900</i>	S10K SCFCR 06 CCMT 06 02 04 IC 30N	Soustružit otvor na hrubo i na čisto. Korekce D7
T8		
T9 <i>N1260</i>	PDJNR 2525 15 DNMG 15 06 04 IC 8025	Soustružit čelo a povrch na čisto. Korekce D9
T10		
T11 <i>N1430</i>	SIR 0010 K11 11 IR 1.50 ISO IC70	Řezat závit M16 x 1.5 - 6H. Korekce D11
T12		

PŘÍLOHA 5 - PROGRAM 820.0129

```
%MPF 129
N10 G16 Z X
N20 G92 S1200
N30 T1
N40 D1 G0 G54 G90 G96 X140 Z1 S95
M3 M8
N50 G1 X85 F0.2 M8
N60 G0 Z2.1
N61 X140
N62 Z0.1
N63 G1 X85
N64 G0 Z2
N70 X128.291
N80 Z1
N90 G1 Z-52
N100 G0 X130.291 Z-50
N110 Z1
N120 X124.583
N130 G1 Z0 F0.22
N140 X125.4 Z-3.2
N150 Z-50.47
N160 X128.4 Z-51.969
N170 Z-54
N180 G0 X130.4 Z-53
N190 Z200 M9
N200 T9
N210 D9 G0 G96 X17 Z150 S90 M3 M8
N220 Z0
N230 G1 Z-47 F2 M8
N240 Z-49.8 F0.15
N250 X50
N260 G0 X48 Z-48
N270 X17
N280 G1 Z-51
N290 X50
N300 G0 X48 Z-50
N310 Z200 M9
N320 T10
N330 D10 G0 G96 X45 Z200 S90 M3
M8
N340 Z0
N350 G1 Z-49 F2 M8
N360 Z-50 F0.18
N370 X88
N380 G0 X84 Z-48.9
N381 X45
N382 G1 Z-51
N383 X88
N384 G0 X84 Z-50
N390 Z1
N400 G96 S80
N410 X95
N420 G1 Z-50.9 F0.22
N430 G0 X90.581 Z-49.9
N440 Z1
N450 X98.8
N460 G96 S120
N470 G1 Z-50.9
N480 G0 X95.162 Z-49.9
N490 Z1
N500 X102.6
N510 G1 Z-50.9
N520 G0 X99.744 Z-49.9
N530 Z1
N540 X106.325
N550 G1 Z-50.9
N560 G0 X104.325 Z-49.9
N570 Z1
N580 X109.906
N590 G1 Z-50.9
N600 G0 X107.906 Z-49.9
N610 Z1
N620 X113.487
N630 G1 Z-50.713
N640 G0 X111.487 Z-49.713
N650 Z1
N660 X120.069
N670 G1 Z-0.134
N680 X116.6 Z-1.869
N690 Z-49.749
N700 G3 X114.2 Z-50.9 I-1.199
K0.049
N710 G0 X112.2 Z-49.9
N720 Z0.766
N721 Z100
N722 T10 D10 G0 G90 G96 X112 S120
M3 M8
N730 X122.469
N731 Z2
N740 G1 Z0.816
N750 G1 X117 Z-1.919 F0.15
N760 Z-49.8
N770 G3 X114.6 Z-51 I-1.2 K0
N780 G0 X112.6 Z-49.95
N790 X45
N800 G1 Z-51
N810 X114.6
N820 G0 X112.6 Z-49.95 M9
N830 Z150 M18
N840 T9
N850 D9 G0 G96 X14 Z150 S90 M3
N860 Z0
N870 G1 Z-49 F2 M8
N880 Z-51 F0.15
N890 X115.6
N900 G0 X112.6 Z-50
N910 Z150 M9
N920 T12
```

N930 D12 G0 G96 X13.59 Z150 S50	N1480 Z-44.638 M8
M3 M8	N1490 G33 Z-69 K1.5
N940 Z-49	N1500 G0 X13.154
N950 G1 Z-69 M8	N1510 Z-44.688
N960 G0 X13.19 Z-68.8	N1520 X14.748
N970 Z-49	N1530 G33 Z-69 K1.5
N980 X15.179	N1540 G0 X13.154
N990 G1 Z-54.216	N1550 Z-44.729
N1000 G0 X14.779 Z-54.016	N1560 X14.92
N1010 Z-49	N1570 G33 Z-69 K1.5
N1020 X16.769	N1580 G0 X13.154
N1030 G1 Z-51	N1590 Z-44.764
N1040 X16.1 Z-51.334	N1600 X15.061
N1050 Z-54.093	N1610 G33 Z-69 K1.5
N1060 X14 Z-54.374	N1620 G0 X13.154
N1070 Z-69	N1630 Z-44.795
N1080 G0 X13.6 Z-68.8	N1640 X15.182
N1090 G1 Z-49 F0.5	N1650 G33 Z-69 K1.5
N1100 G0 X16.9	N1660 G0 X13.154
N1110 Z-51	N1670 Z-44.824
N1120 G1 X16.869 F0.18	N1680 X15.291
N1130 X16.5 Z-51.184	N1690 G33 Z-69 K1.5
N1140 Z-54.093	N1700 G0 X13.154
N1150 X14.4 Z-54.374	N1710 Z-44.85
N1160 Z-69	N1720 X15.39
N1170 G0 X14 Z-68.8	N1730 G33 Z-69 K1.5
N1180 Z-49	N1740 G0 X13.154
N1190 X17.1	N1750 Z-44.875
N1200 G1 Z-51 F0.15	N1760 X15.482
N1210 X16.5 Z-51.3	N1770 G33 Z-69 K1.5
N1220 Z-54.093	N1780 G0 X13.154
N1230 X14.4 Z-54.374	N1790 Z-44.898
N1240 Z-69	N1800 X15.567
N1250 G0 X14 Z-68.8	N1810 G33 Z-69 K1.5
N1260 Z-49	N1820 G0 X13.154
N1270 Z150 M9	N1830 Z-44.921
N1280 T7	N1840 X15.648
N1290 D7 G0 G96 X115 Z150 S120 M3	N1850 G33 Z-69 K1.5
M8	N1860 G0 X13.154
N1300 Z1	N1870 Z-44.942
N1310 G1 Z-0 F0.15 M8	N1880 X15.725
N1320 X121.545	N1890 G33 Z-69 K1.5
N1330 G3 X123.284 Z-0.667 I0 K-	N1900 G0 X13.154
0.9	N1910 Z-44.962
N1340 G1 X124.72 Z-3.347	N1920 X15.798
N1350 Z-49.62 F0.08	N1930 G33 Z-69 K1.5
N1360 X124.347 Z-49.943	N1940 G0 X13.154
N1370 G2 X124.379 Z-50.064 I0.087	N1950 Z-44.981
K-0.05	N1960 X15.868
N1410 G1 X127.7 Z-51.724 F0.05	N1970 G33 Z-69 K1.5
N1420 Z-53. X128. F0.12	N1980 G0 X13.154
N1430 G0 X132 Z-52	N1990 Z-45
N1440 Z200 M9	N2000 X15.935
N1450 T3	N2010 G33 Z-69 K1.5
N1460 D3 G0 G95 X16 Z5 S650 M3 M8	N2020 G0 X13.154
N1470 X14.497	N2030 Z-45

N2040 X16
N2050 G33 Z-69 X16.03 K1.5
N2060 G0 X13.154
N2070 Z-45
N2080 X16
N2090 G33 Z-69 X16.04 K1.5
N2100 G0 X13.154
N2190 Z-44.981
N2200 X15.868
N2210 G33 Z-69 K1.5
N2220 G0 X13.154
N2230 Z-45
N2240 X15.935
N2250 G33 Z-69 X16 K1.5
N2260 G0 X13.154
N2270 Z-45
N2280 X16
N2290 G33 Z-69 X16.04 K1.5
N2300 G0 X13.154
N2310 Z-45 M18
N2320 X16
N2330 G33 Z-69 X16.04 K1.5
N2340 G0 X13.154
N2350 Z150 M9

N1 @100 K2560
N2360 D12 T12
N2370 M19 S0
N2380 G0 G94 X60 Z0 S800 M4
N2390 Z-49
N2400 G1 Z-62 F40 M8
N2410 G0 Z-49
N2420 Z-61
N2430 G1 Z-75
N2440 G0 Z1.
N2450 M15
N2460 M19 S180
N2470 G0 G94 X60 Z0 S800 M4
N2480 Z-49
N2490 G1 Z-62 F40 M8
N2500 G0 Z-49
N2510 Z-61
N2520 G1 Z-75
N2530 G0 Z1.
N2540 M15
N2550 G0 Z150 M9
N2560 D0 G54 X340 Z400 M5 M18
N2570 T1
N2580 M30

PŘÍLOHA 6 - TECHNOLOGICKÝ POSTUP VM S 36 0215



Technologický postup VTPV

Číslo: **VM S36 0215**

Formát výkresu: 3

Název: **Kuželka sv.s.RV210,211 DN125-polotov**

Verze: 1

Číslo Operace	Čas kusu	Čas jednot.	Čas přípravy	Datum ověření	Číslo pracoviště	Název pracoviště	Dopor. dávka	Obsl.
10	7,00	0,00	0,00	14.05.2015	32752	NAO-4 Svařit trubku a desku dle výkresu, předpisu tavného svařování a svařovací návodky SN 19/2004.	20,00	1,00
20	1,00	0,00	0,00	14.05.2015	16250	ŽIHÁNÍ Žíhat na odstranění vnitřního prnutí na 800 st.C - 60 minut na teplotě.	20,00	1,00
30	13,50	8,10	60,00	14.05.2015	34416	SPU 20 CNC Upnout do tvrdých čelistí, soustružit kuželku dle programu 820.0117 Zarovnat čelo včetně návaru, zarovnat čelo + soustružit povrch na hrubo, navrtat otvor, vrtat pr. 12 skrz, soustružit čelo a povrch kuželky na čisto, soustružit osazení pr. 16.5 na čisto.	20,00	1,67
POMŮCKY:								
* nářadí a nástroje dle seřizovacího listu 820.0117								
* posuvné měřítko								
* třmenový mikrometr								
40	0,00	0,00	30,00	14.05.2015	98631	VIZUÁLNÍ KONTROLA Vizuálně kontrolovat svar dle konstrukční návodky KN - 087.	20,00	1,00
50	28,00	16,00	80,00	14.05.2015	34416	SPU 20 CNC Upnout do měkkých čelistí, soustružit dle programu 820.0129 Zarovnat čelo + soustružit nahrubo povrch kuželky, protočit otvor na hrubo i na čisto, soustružit osazení pr.30, soustružit pr.pro závit na hrubo i na čisto, soustružit čelo a povrch kuželky na čisto, řezat závit M 16x1.5 - 6H. Balit dle TN 1/99.	20,00	1,67
POMŮCKY:								
* nářadí a nástroje dle seřizovacího listu 820.0129								
* posuvné měřítko								
* třmenový mikrometr								
* závitový kalibr M 16x1.5 - 6H								
60	0,00	0,00	30,00	14.05.2015	98630	KONTROLA ROZMĚRU Konečná kontrola.	20,00	1,00

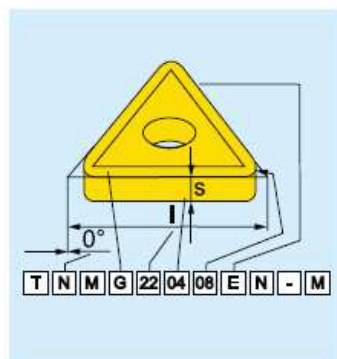
PŘÍLOHA 7 - SYSTÉM ZNAČENÍ VBD DLE ISO

ISO - SYSTÉM ZNAČENÍ VYMĚNITELNÝCH BŘITOVÝCH DESTIČEK ISO - SYSTÉM ZNAČENIA VYMNITEENÝCH REZNÝCH DOŠTIČIEK

1			
Tvar destičky / Tvar doštičky			
H	O	P	R
S	T	C	D
E	M	V	W
L	A	B	K

2	
Úhel hřbetu / Uhol chrbita	
A	B
C	D
E	F
G	N
	Speciální Speciálny
P	O

4	
Provedení / Prevedenie	
N	R
F	A
M	G
W	T
	Speciální Speciálny
Q	X



ISO kód

1	2	3	4
T	N	U	N
T	N	M	G

ANSI kód

1	2	3	4
T	N	U	N
T	N	M	G

3

Tolerance / Tolerancia

Označení / Označenie	Tolerance / Tolerancia [mm]			Tolerance / Tolerancia [Palce]		
	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)
A	0,005	0,025	0,025	0,0002	0,001	0,0010
F	0,005	0,025	0,013	0,0002	0,001	0,0005
C	0,013	0,025	0,025	0,0005	0,001	0,0010
H	0,013	0,025	0,013	0,0005	0,001	0,0005
E	0,025	0,025	0,025	0,0010	0,001	0,0010
G	0,025	0,130	0,025	0,0010	0,005	0,0010
J	0,005	0,025	0,05 + 0,13	0,0002	0,001	0,002 + 0,005
K	0,013	0,025	0,05 + 0,13	0,0005	0,001	0,002 + 0,005
L	0,025	0,025	0,05 + 0,13	0,0010	0,001	0,002 + 0,005
M	0,08 + 0,18	0,130	0,05 + 0,13	0,003 + 0,007	0,005	0,002 + 0,005
N	0,08 + 0,18	0,025	0,05 + 0,13	0,003 + 0,007	0,001	0,002 + 0,005
U	0,05 + 0,38	0,130	0,08 + 0,25	0,005 + 0,015	0,005	0,003 + 0,010

