

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá problematikou návrhu technologického postupu pro zadanou součást. Cílem je zhodnocení stávající technologie výroby a návržení nové progresivní varianty, která umožňuje efektivní využití CNC soustruhu *Tornado T6MS* s protivřetenem. Nová technologie využívá variabilní a časově úsporný systém upínání *Coromant Capto*.

Klíčová slova

Technologický postup, CNC soustruh *Tornado T6MS*, systém upínání *Coromant Capto*.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with problems of a concept of a technological plan for the submitted component. The aim is to evaluate current technology of a production and to offer proposal of the new progressive variation, which allows effective usage of CNC turning machine *Tornado T6MS* with the second spindle. This new technology uses variable and timesaving clamping system *Coromat Capto*.

Key words

Technological plan, CNC turning machine *Tornado T6MS*, clamping system *Coromat Capto*.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

REŇÁK, A. *Návrh technologie součásti "výztuha" ve firmě Stavit Slavkov u Uh. Brodu..* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 54 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Návrh technologie součástí "výztuha" ve firmě Stamiť Slavkov u Uh. Brodu* vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

.....
Jméno a příjmení bakaláře

Poděkování

Děkuji tímto zaměstnancům FSI VUT Brno, panu ing. M. Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce a ing. M. Madajovi za informace a pomoc s programováním softwaru Edgecam.

Dále děkuji řediteli firmy Stमित s.r.o panu S. Mitáčkovi, vedoucímu výroby ve firmě Stमित s.r.o panu J. Halíkovi a ostatním pracovníkům firmy za ochotu a věnovaný čas.

OBSAH

Abstrakt.....	2
Prohlášení.....	3
Poděkování.....	4
Obsah.....	5
Úvod.....	6
1 PRODUKTIVITA PRÁCE.....	7
2 CNC SOUSTRUH TORNADO T6MS.....	8
2.1 Technický popis řady <i>Tornado</i>	8
2.2 <i>Manual Guide</i>	8
2.3 Způsoby obrábění u strojů řady <i>Tornado</i>	9
2.3.1 Dvousé obrábění.....	9
2.3.2 Třiosé obrábění a frézování.....	10
2.3.3 Pětiosé obrábění.....	10
2.4 Obrábění s využitím osy Y.....	10
2.5 Aplikace protivřetena.....	11
3 TECHNOLOGIE FIRMY STAMIT, s.R.O.....	12
3.1 Rozbor technologie firmy <i>Stamit, s.r.o.</i>	12
3.2 Technologický postup.....	13
3.3 Seznam používaných strojů.....	14
3.4 Používané nářadí.....	14
3.5 Zhodnocení stávající technologie.....	14
4 NÁVRH NOVÉ PROGRESIVNÍ TECHNOLOGIE.....	15
4.1 Zhodnocení technologičnosti součásti.....	15
4.1.1 Dodržení tvaru a geometrie součásti.....	15
4.1.2 Dodržení výrobních úchylek rozměrů a jakosti povrchu součásti.....	15
4.1.3 Z hlediska produktivity práce a efektivnosti výroby.....	15
4.1.4 Z hlediska kótování.....	15
4.2 Technologický postup rámcový.....	16
4.3 Volba nástrojů.....	17
4.3.1 Soustružení.....	17
4.3.2 Vrtání.....	23
4.3.3 Řezání závitů.....	25
4.4 Systém upínání nástrojů.....	30
4.4.1 <i>Coromant Capto</i>	30
4.4.2 Poháněné nástrojové držáky modulárního typu.....	33
4.4.3 <i>Coromant Capto</i> pro soustružení, vrtání a řezání závitu.....	34
4.5 Návrh polotovaru a výpočet normy spotřeby materiálu.....	38
4.6 Návodky.....	40
4.7 Určení počtu strojů a ekonomické zhodnocení.....	45
4.8 Spotřeba nářadí a trvanlivost.....	45
4.9 CNC program.....	48
Závěr.....	49
Seznam použité literatury.....	50
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	51
Seznam příloh.....	52

ÚVOD

Výroba malých či velkých sérií se v dnešním světě už těžko obejde bez aplikace číslíkově řízených CNC strojů. Jedním z takovýchto strojů je CNC soustruh *Tornado T6MS* od anglického výrobce Colchester Harrison. Stroj pracuje v pěti osách a díky dvěma vřetenům je schopen vyrobit součást v plně automatizovaném cyklu.

Pro produktivní chod stroje je nutno zajistit správné nástroje, náradí, systém upínání a technologii výroby, která probíhá v co nejkratších možných časech.



„Firma Stमित s.r.o. je ryze českou společností bez účasti zahraničního kapitálu a převzala veškerý majetek, zakázky a pohledávky dříve založené fyzické osoby. Nejprve byla výroba zaměřena pro tuzemské odběratele s drobnějšími zakázkami, ale pro zvýšený zájem odběratelů došlo k rozšíření výroby a strojního parku univerzálními obráběcími stroji tak, aby byly pokryty všechny profese v oboru.

S nákupem nových CNC strojů se kterými se rozšířil okruh odběratelů a to v oblasti optických přístrojů, tiskařských strojů, automobilového a zbrojního průmyslu v sériových dodávkách dílů. V roce 2004 společnost zavedla systém řízení jakosti dle normy ČSN EN ISO 9001: 2001.“¹⁴

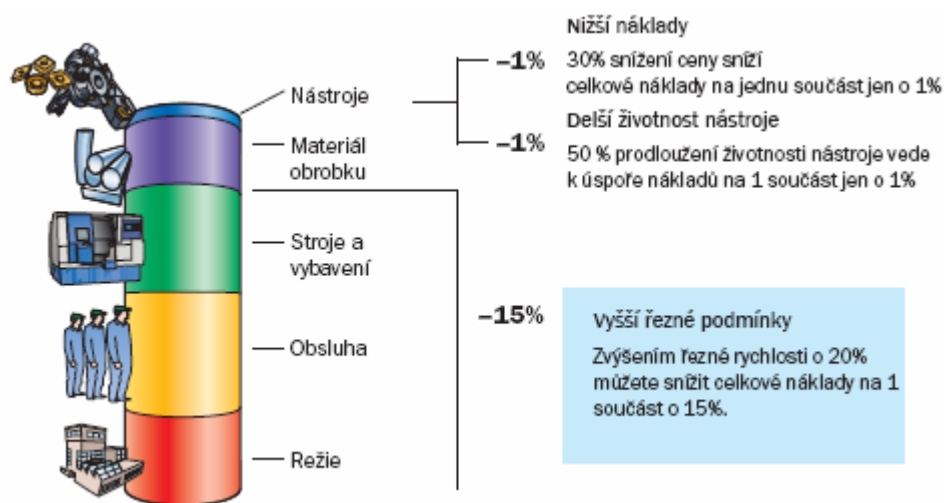
1 PRODUKTIVITA PRÁCE

“Produktivita je velmi rozsáhlý pojem a je obtížné správně určit tu část výrobního procesu, která umožní maximalizovat poměr hodnot na vstupu a výstupu. Skutečné zlepšení obvykle závisí na kombinaci řady faktorů, které mají významný vliv, například:

- vyšší řezné rychlosti a posuvy = více součástí za hodinu
- předvídatelná životnost nástroje = spolehlivost obrábění
- méně zmetků = vyšší kvalita – lépe zhodnotitelný koncový produkt
- méně výměn nástroje = méně prostojů
- dostupnost produktu = méně skladových položek
- technické školení zaměstnanců = lepší znalosti a méně zmetků

některá obecná pravidla:

pokud jde o strojní obrábění, existuje několik obecných pravidel, které mají vliv na dosahované výsledky, provedeme-li vzájemné porovnání snižování nákladů na nástroje vůči zvýšení řezných rychlostí a posuvů. *1 významné snížení nákladů na nástroje nebo zvýšení životnosti nástroje přinese jen 1% snížení celkových nákladů na jednu součást. Zato 20% zvýšení řezné rychlosti nebo posuvu přinese 15% snížení celkových nákladů na jednu součást.*¹



Obr. 1.1¹

2 CNC SOUSTRUH TORNADO T6MS

2.1 Technický popis řady *Tornado*

„Firma Colchester je jedním z tradičních a významných výrobců obráběcích strojů na britském trhu s více než stoletou historií. Klade důraz na zavádění technických inovací a zvyšování kvality strojů. Důkazem jejich práce je nová řada CNC soustruhů *Tornado* s šikmým ložem.

Hlavní technologickou výhodou je stabilní konstrukce firmy Colchester nazývaná „*Duo-stable*“ (dvojstabilní), která zabezpečuje přesnost a kvalitu dílců a tím redukuje výrobní náklady. Stroje *Tornado* byly zkonstruovány na nových principech a s „individuálními myšlenkami“. Příkladem může být integrovaný podavač tyčí a nebo schopnost absorbovat neaxiální a reverzační síly vznikající při frézování a obrábění s protivřetenem.

Každé *Tornado* je vybaveno vysoce účinným řízením *Manual Guide i* zkracujícím přípravné časy a umožňujícím efektivní výrobu menších počtů kusů. Pro výrobu velkých sérií jsou k dispozici verze s podavačem tyče a automatickým nakladačem.”⁴

2.2 *Manual Guide*

“Simulátory CNC a *Manual Guide i* modelují a simulují na obrazovce celé prostředí řídicího systému. Nevyžadují žádný přídatný hardware. Použitím simulátorů mohou firmy výrazně zvýšit svoji produktivitu, protože některé CNC programy lze napsat, vyzkoušet a optimalizovat na počítači před vlastní instalací do CNC systému. Simulátory jsou navíc ideálními nástroji pro výuku a praktická cvičení. Při jejich použití během externích i vnitropodnikových kurzů nebo při cvičení je simulováno reálné prostředí obsluhy ovládacích prvků CNC systému.

Simulátor *Manual Guide i* není zaměřen na jeden určitý stroj. Pokrývá interaktivní programování a programování DIN ISO pro soustružení a frézování na všech CNC systémech *GE Fanuc* řady 16i/18i/21i CNC a řady 30i/31i/32i CNC. Je simulován software *Manual Guide i* pro dílenské programování, který umožňuje rychle a jednoduše naprogramovat i složitější součásti. Použití simulátoru umožňuje optimální způsob výkladu a prezentace softwaru.

Programy vytvořené na počítači lze snadno převést z počítače na odpovídající obráběcí stroj, avšak musí být odpovídajícím způsobem přizpůsobeny. Je například nutno ještě naprogramovat speciální M funkce, protože ty jsou definovány výrobcem obráběcího stroje a PC simulátor je nemá k dispozici.“¹³

2.3 Způsoby obrábění u strojů řady *Tornado*

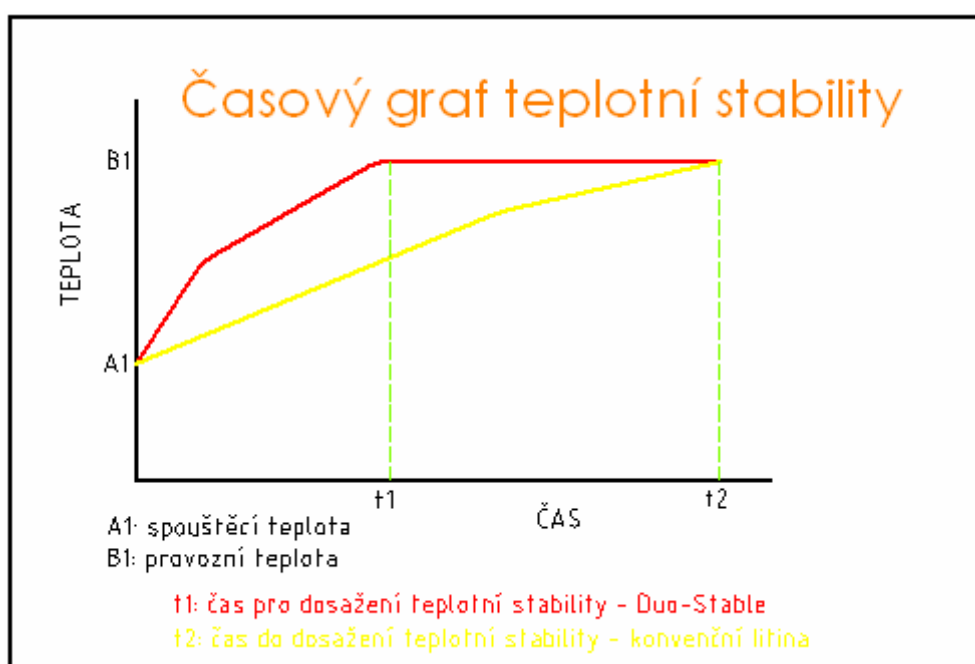
„Stroje řady *Tornado* jsou schopny pracovat ve dvouosém, tříosém, pětiosém obrábění a s využitím nebo bez využití osy Y.

2.3.1 Dvouosé obrábění

Tornado řady T jsou ideální pro soustružení obrobků, které vyžadují dvě osy obrábění. Základem těchto strojů je stabilní konstrukce „*Duo-stable*“, která dokáže odolávat teplotním rázům lépe než konstrukce litinová. Obrobky které jsou obráběny na těchto strojích jsou přesnější, mají kvalitnější povrch a vykazují menší tendenci k výskytu teplotních dilatací (Obr. 2.2)



Obr.2.1 Dvouosé ob. ⁴



Obr. 2.2 Časový graf teplotní stability (převzato z katalogu Colchester) ⁵

2.3.2 Třiosé obrábění a frézování

Tornado T6M a T8M má osu C, brzdu vřetene a poháněné nástroje. Tato kombinace umožňuje radiální a axiální frézování, vrtání a řezání závitů. Stroje typu M umožňují zvýšení produktivity a přesnosti výroby, protože dovolují na dílci upnutém ve vřeteni provedení více operací bez zásahu obsluhy.



Obr. 2.3 Třiosé obrábění ⁴

2.3.3 Pětiosé obrábění

Přidáním druhého vřetene, které je součástí strojů *Tornado T6MS a T8MS* lze plně využít výhod jednostranného obrábění a následným upnutím do druhého vřetene dokončit obrábění celého dílce.



Obr. 2.4 Aplikace protivřetena ⁵

2.4 Obrábění s využitím osy Y

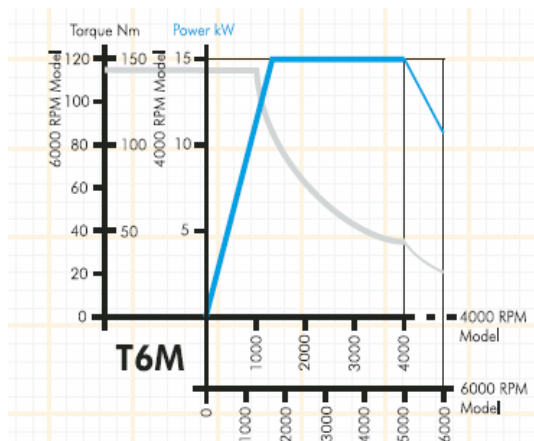
Na *Tornadu T8MSY* vybaveném osu Y je možno plně využívat jeho schopnosti mimoosového frézování drážek per, ploch a tvarových povrchů.“ ⁴



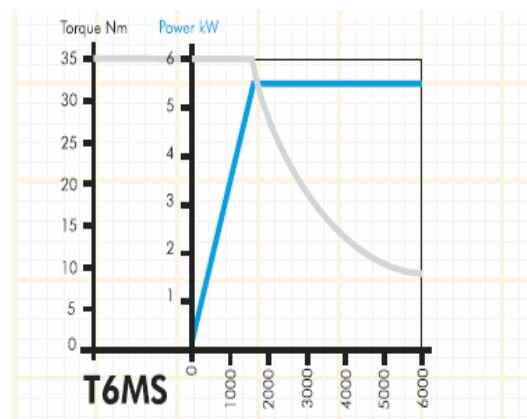
Obr. 2.5 Obrábění s využitím osy Y ⁵

Výkonová charakteristika pohonů vřeten

T6



T6 s protivřetenem



Obr. 2.6 Výkonová charakteristika pohonu vřetene a protivřetene, křivka kroutícího momentu ⁵

2.5 Aplikace protivřetena

Pro stroje se dvěma vřeteny se uplatňují stejná kritéria. Každý další stroj *Tornado*, který byl dříve vysvětlen ve skutečnosti doplňuje tříosý stroj s poháněnými nástroji. Před každou operací v MDI nebo v programu musí být zavřen ochranný kryt.

Vyhození komponentu z protivřetena do lopatky je závislé na délce komponentu, který je upnut ve sklíčidle. Pokud je upnut ve sklíčidle komponent s reálnou délkou, potom je použito pružinového vyhazovače, který po otevření sklíčidla vyhodí komponent do lopatky silou pružiny.

Pokud je komponent upnut v krátké délce, otevřením sklíčidla spadne volně do lopatky.¹²

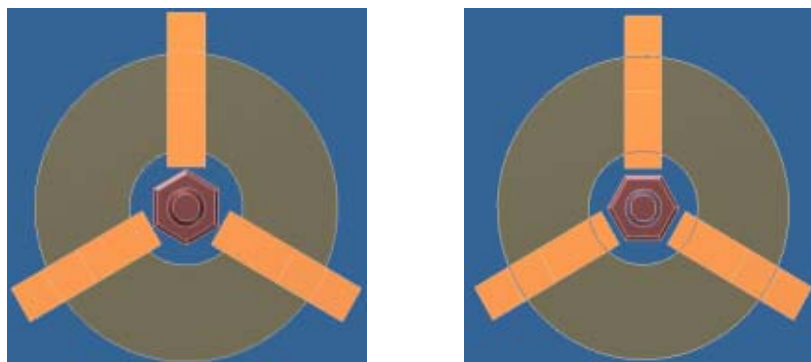
3 TECHNOLOGIE FIRMY STAMIT, S.R.O.

3.1 Rozbor technologie firmy Stमित, s.r.o.

Ve firmě Stमित, s.r.o je pro zadanou součást (výkres v příloze 1) zavedena technologie pro malou sérii 5000 ks s využitím jak většího počtu strojů, tak i většího počtu dělníků. Tzn., že pouze vybrané operace se provádí na CNC stroji *Tornado T6MS*. Ostatní operace jsou prováděny na starších strojích (válcovačka závitů, vrtačka) ze dvou důvodů. První je úspora energie, kdy stroj *Tornado* s příkonem 28kW několikanásobně převyšuje odběr válcovačky závitů, vrtačky a popisovacího stroje a druhý důvod je upnutí polotovaru s šestihranným profilem do vedlejšího vřetena. Podle názoru seřizujících pracovníků stroje *Tornado T6MS* je největší problém v zastavení vedlejšího vřetena v indexované poloze, kdy není možné upnout profil součásti správně (Obr. 3.2). Proto jsou obráběné součásti přemísťovány od jednoho pracoviště k druhému podle technologického postupu.



Obr. 3.1 Model vřetena



Obr. 3.2 Problematika upínání šestihranného polotovaru

3.2 Technologický postup

Níže uvedený technologický postup (tab. 3.1) je navržen pro výrobu zadané součásti. Nejdříve je opracována strana s vrtáním a pak po otočení je součást soustružena.

tab.3.1 Technologický postup inovovaný ve firmě Stमित, s.r.o.

č.op.	stroj	popis	pozn.
010	pás. pila	řezat 92,5 mm	
020	NC	zarovnat čelo na 91,5 mm	
030	NC	srazit hranu 1.5x30 st.	
040	NC	vrtat pr. 9,3 do hl. 21,52 mm	
050	NC	srazit hranu 0,5x45 st.	
060	ruční	otočit	
070	NC	zarovnat čelo na 91mm	
080	NC	soustružit pr. 8,96 mm	
090	NC	srazit hranu 1,5x45 st.,	
100	NC	soustr. zápich dle K-norm	
110	vrtáčka ZMV 16	řezat závit M10 do 14mm	závitořez
120	GWR 80x120	válcovat závit M10, 16mm	válcovačka závitů
130	popisovat		
140	kooperace	černit	

Postup je opsán podle originálního pracovního postupu firmy Stमित s.r.o. Z hlediska zaběhnuté výroby neobsahuje výrobní postup všechny náležitosti podle norem a technologických zásad o tvorbě technologických postupů. Výrobní pracovníci jsou s postupem seznámeni, a proto určité údaje v technologickém postupu firmy chybí.

3.3 Seznam používaných strojů

Pracovní stroje navržené pro výrobu dané součásti jsou kromě stroje *Tornado T6MS* a popisovacího stroje staršího data výroby. Výčet jejich technických parametrů je součástí přílohy 3.

3.4 Používané nářadí

Ve firmě není vedena databáze nářadí, které je používáno pro danou operaci. O použití typu nástroje rozhoduje seřizující pracovník stroje *Tornado*. Ten volí nástroje orientačně, podle zkušeností a protože je s výrobou součásti praxí seznámen. Firma *Stamit* používá řezné nástroje od firem: *Kyocera Ceratip* a *Korloy*.

3.5 Zhodnocení stávající technologie

Technologie firmy *Stamit s.r.o* přináší do výroby jisté výhody i nevýhody.

Výhody:

- využití jednoduchých a starších typů strojů, osazených levnějšími nástroji či upínacími prvky
- tváření závitu M10
- stroje s nižším příkonem
- servis strojů, náhradní díly
- menší nároky na odbornost technologických pracovníků

Nevýhody:

- technologie zcela nevyčerpává možnosti stroje *Tornado T6MS*
- zásadní prodloužení pracovních časů
- zásadní prodloužení manipulačních časů
- větší počet dílčích pracovišť, strojů a dělníků
- přesnost strojů (u starých strojů se předpokládá horší tuhost)
- větší nároky na obsluhující pracovníky
- nutnost častějšího odstraňování nečistot následkem manipulace součástí

Podle informací výrobce zvládne pětiosý CNC soustruh *Tornado T6MS* s vedlejším vřetenem zhotovit celou součást v plně automatickém cyklu, to jest bez zásahu obsluhujícího pracovníka. Tím se zásadně sníží pracovní časy, časy na manipulaci se součástmi, počet dělníků obsluhy ostatních stojů, počet ostatních strojů. S vyšším počtem pracovišť a dělníků roste pravděpodobnost zhotovení série zmetků.

4 NÁVRH NOVÉ PROGRESIVNÍ TECHNOLOGIE

4.1 Zhodnocení technologičnosti součásti

4.1.1 Dodržení tvaru a geometrie součásti

Řešená součást má profil šestihranu. Vzhledem k tomu, že funkční plochy jsou části se závitem (osazení a díra), může být zvolen polotovár šestihranná tyč. Opracovávat tedy budeme pouze funkční plochy a uspoří se tak čas pro výrobu součásti i spotřeba materiálu.

4.1.2 Dodržení výrobních úchylek rozměrů a jakosti povrchu součásti

Součást „výztuha“ je jednoduchým výrobkem, jehož funkce nevyžaduje nadměrně přené opracování rozměrů a vysokou jakost povrchu. Obvodové plochy šestihranu z hlediska jakosti povrchu není nutné nijak opracovávat.

4.1.3 Z hlediska produktivity práce a efektivnosti výroby

Jelikož je součást jednoduchého tvaru, měla by být i náležitě navržena efektivně jednoduchá technologie výroby. Proto je nutno navrhnout výrobu v co nejkratších možných pracovních časech a eliminovat tak prostoje a zbytečnou manipulaci se součástmi.

4.1.4 Z hlediska kótování

Součástka je relativně jednoduchého charakteru a vzhledem k technologii výroby je vhodné stanovit a dodržovat základnu na čele u vnitřního závitu M10.

4.2 Technologický postup rámcový

Podstatou nového technologického postupu je zredukování pracovních časů a eliminování zbytečné manipulovatelnosti se součásti během výroby. Vhodným řešením se proto nabízí vyrobit součást na jednom stroji CNC *Tornado T6MS*. V tabulce 4.1 je popsán nový technologický postup s využitím protivřetena, díky němuž se součást vyrobí v plně automatizovaném cyklu.

Tab. 4.1 Pracovní postup

PRACOVNÍ POSTUP - RÁMCOVÝ			
Součást: VÝSTUHA (STEBBOLZEN)			Číslo výkresu:
Materiál: 12 050 – ČSN 420134.50		Polotovar: 6HR 17h11 – ČSN 42 6530.12	Hmotnost [kg]: Hrubá: Čistá:
Číslo op.	pracoviště typ stroje	Popis práce:	Čís. nást. :
1/1	soustružna	Upnout do levého vřetena na doraz	8
		Zarovnat čelo, srazit hrany 1x30° a 1,5x45°	1
	TORNADO T6MS	Vrtat ø8,5 do hloubky 20 mm.	5
		Řezat závit M10 v díře ø8,5 do hloubky 14mm.	7
2/2	soustružna	Automaticky přepnout do pravého vřetena	9
		Hrubovat upichováním na délku 92 mm.	4
		Hrubovat polotovar na ø12 mm v délce 15.5 mm.	3
	TORNADO T6MS	Dokončit čelo na délku 91 mm, dokončit ø12 mm na ø10 mm v délce 16 mm, včetně zápichu, srazit hrany 1x30° a 1,5x45°.	2
		Soustružit závit M10 v délce 10,8 mm.	6
5/5	soustružna	Očistit	10
	TORNADO T6MS		
6/6	kontrola	Kontrola	11
	--		
6/6	kontrola	Popsat	
	--		

4.3 Volba nástrojů

4.3.1 Soustružení

Soustružnické nástroje byly vybrány z katalogu firmy Sandvik viz. příloha.

- **Dokončování:** Firma Sandvik nabízí možnost vybírat z břitových destiček označených WF a PF.

“WF - pro produktivní dokončovací obrábění

Operace: podélné a čelní soustružení

Součásti: tuhé hřídele, nápravy, náboje, ozubená kola, atd.

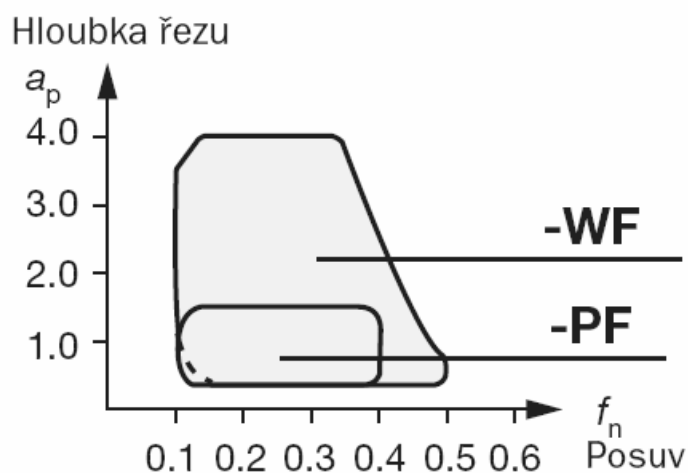
Výhody: zdvojnásobení rychlosti posuvu se zachováním kvality povrchu nebo zachování posuvu a poloviční jakost povrchu.

PF

Operace: podélné soustružení, čelní soustružení, soustružení ze zadní strany a tvarové soustružení

Součásti: nápravy, ozubená kola, případy, kdy prioritou dobrá kvalita povrchu


Výhody: geometrie pro lehký řez nízké řezné síly vhodné pro štíhlé hřídele, tenkostěnné a nestabilně upnuté součásti”¹



Obr. 4.1 Závislost hloubky řezu na posuvu pro dokončování dle katalogu Sandvik¹

Pro novou technologii je zvolena varianta PF, protože plocha pro dokončení u zadané součásti není tak dlouhá (16mm), aby bylo nutné aplikovat variantu WF s dvojnásobným pracovním posuvem.

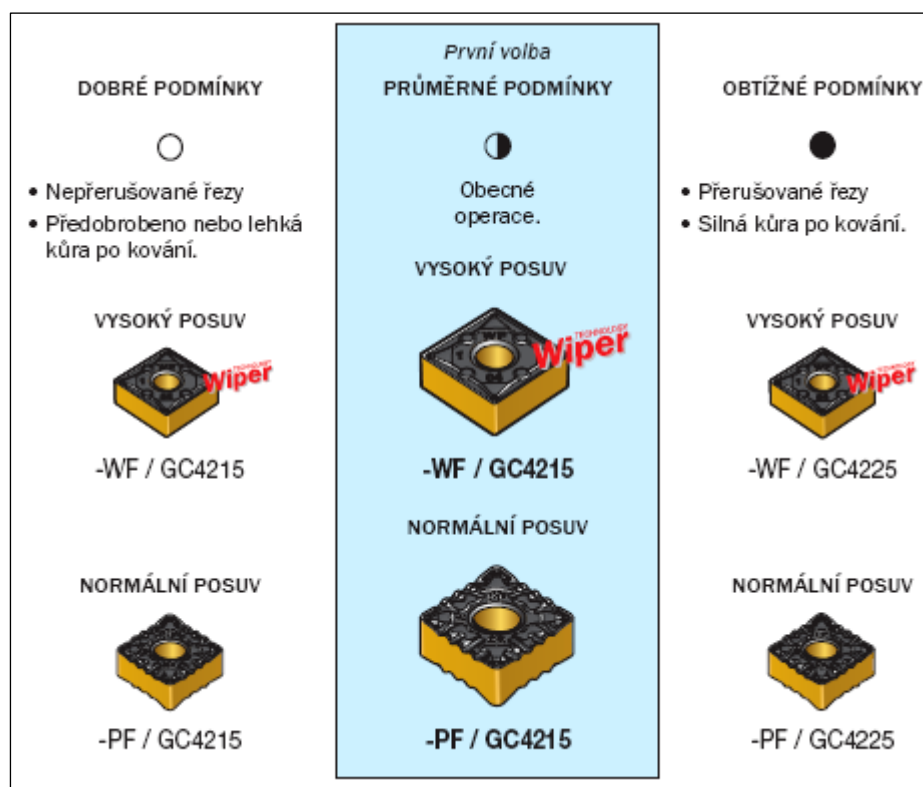
Břitová destička zvolena: **DNMG 11 04 08 – PF** (Obr. 4.2)

	DNMG 11 04 04-PF	☆	★	☆	0.4 (0.25-1.5)	0.15 (0.07-0.3)	515	425
	11 04 08-PF	☆	★	☆	0.4 (0.3-1.5)	0.2 (0.1-0.4)	475	395
	11 04 12-PF	☆	★	☆	0.8 (0.35-1.5)	0.25 (0.15-0.5)	445	365
	15 04 04-PF	☆	★	☆	0.4 (0.25-1.5)	0.15 (0.07-0.3)	515	425
	15 04 08-PF	☆	★	☆	0.4 (0.3-1.5)	0.2 (0.1-0.4)	475	395
	15 04 12-PF	☆	★	☆	0.8 (0.35-1.5)	0.25 (0.15-0.5)	445	365
	15 06 04-PF	☆	★	☆	0.4 (0.25-1.5)	0.15 (0.07-0.3)	515	425
	15 06 08-PF	☆	★	☆	0.4 (0.3-1.5)	0.2 (0.1-0.4)	475	395
15 06 12-PF	☆	★	☆	0.8 (0.35-1.5)	0.25 (0.15-0.5)	445	365	

Obr. 4.2 Volba dokončovací destičky ¹

Volba řezných podmínek:

Podle katalogu firmy Sandvik se doporučené řezné podmínky volí na základě přerušovanosti řezu (Obr. 4.3).



Obr. 4.3 Řezné podmínky pro dokončování ¹

Řezné podmínky byly zvoleny podle prostředního sloupce obrázku (Obr. 4.3). Označení GC4215 nebo GC4225 určuje velikost řezné rychlosti pro obrábění (Obr. 4.2). Podle technologie obrábění se bude jednat o krátké přerušované řezy tzn., že by měla být vybráno označení GC4225. Jelikož hloubka třísky bude 0.5 mm a v krajním rozmezí je doporučena maximální hodnota 1,5mm (Obr. 4.2), břitová destička nebude vystavena velkému namáhání a proto mohou být zvoleny podmínky s označením GC4215.

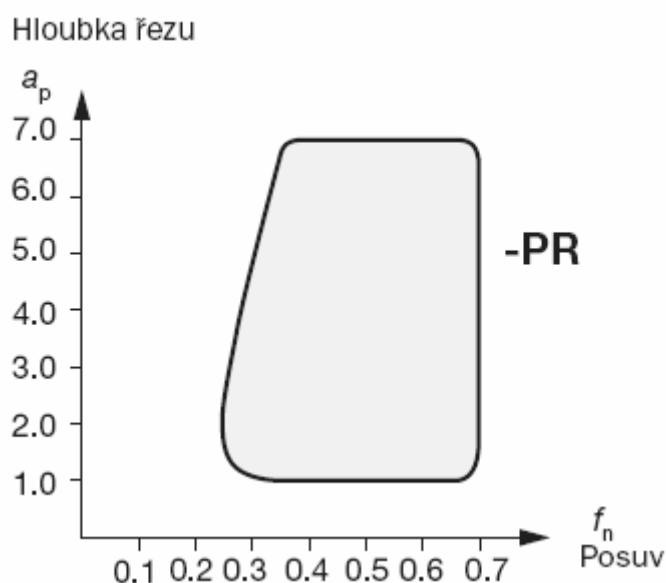
- **Hrubování:** Dle katalogu Sandvik:

“**PR**

Operace: podélné soustružení, čelní a tvarové obrábění

Součásti: nápravy, náboje, ozubená kola, atd. z oceli

Výhody: univerzální použití, VBD s oboustrannou geometrií a vysokou schopností hrubování přispívá k dobré hospodárnosti obrábění“¹



Obr. 4.4 Závislost hloubky řezu na posuvu pro hrubování dle katalogu Sandvik¹

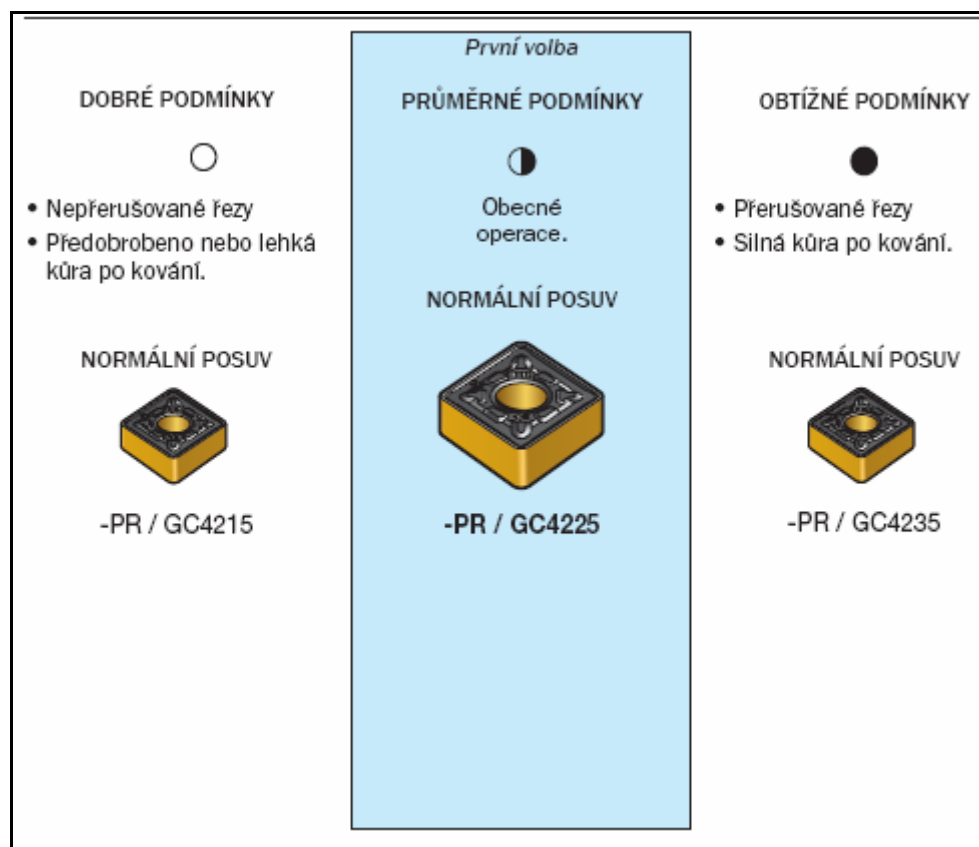
Z grafu na obrázku 4.4 lze vidět, že hrubovací destičky firmy Sandvik mohou obrábět s velkou hloubkou řezu za vysokých posuvů.

Břitová destička zvolena: **CNMG 12 04 08 – PR** (Obr. 4.3.1.6)

ISO/ ANSI	P R	HRUBOVÁNÍ OCELI			ŘEZNÉ PODMÍNKY, CMC 02.1 / HB 180						
		VBD s negativním základním tvarem			Řezná rychlost v_c (m/min)						
OBJEDNACÍ KÓD		Oboustranné		r_c	Hloubka řezu a_p mm	Posuv f_n mm/ot	GC4215	GC4225	GC4235		
			CNMG 12 04 08-PR	☆	★	☆	4 (0.7-7)	0.35 (0.2-0.5)	390	325	195
			12 04 12-PR	☆	★	☆	4 (1-7)	0.4 (0.25-0.7)	370	305	185
			12 04 16-PR	☆	★	☆	4 (1.5-7)	0.5 (0.32-0.75)	335	275	170
			16 06 08-PR	☆	★	☆	5 (0.7-8)	0.35 (0.2-0.5)	390	325	195
			16 06 12-PR	☆	★	☆	5 (1-8)	0.4 (0.25-0.7)	370	305	185
			16 06 16-PR	☆	★	☆	5 (1.5-8)	0.5 (0.3-0.8)	335	275	170
			16 06 24-PR	☆	★	☆	5 (2-8)	0.5 (0.32-0.9)	335	275	170
			19 06 08-PR	☆	★	☆	5 (0.7-10)	0.35 (0.2-0.5)	390	325	195
			19 06 12-PR	☆	★	☆	5 (1-10)	0.4 (0.25-0.7)	370	305	185
			19 06 16-PR	☆	★	☆	5 (1.5-10)	0.5 (0.3-0.8)	335	275	170
			19 06 24-PR	☆	★	☆	5 (2-10)	0.5 (0.32-0.9)	335	275	170

Obr. 4.5 Volba hrubovací destičky ¹

Volba řezných podmínek: (Obr. 4.6)



Obr. 4.6 Řezné podmínky pro hrubování ¹

Podle obrázku jsou na výběr podmínky s označením GC 4215, GC 4225, GC 4235. Označení GC 4215 se hodí spíše pro nepřerušované řezy. Řezné podmínky jsou zde doporučovány na tvrdost materiálu 180HB. Zadaný materiál součásti je ČSN 12 050 s tvrdostí 183 - 300HB⁶, proto je zvolen střední sloupec GC 4225, aby nedošlo k rychlému opotřebení břitové destičky.

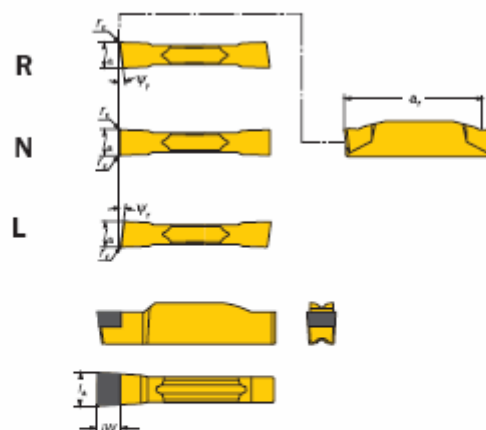
Tab. 4.2 Řezné podmínky pro dokončování a hrubování

Metoda obrábění	Řezná rychlost v_c [m.min ⁻¹]	Posuv f_n [mm]	Hloubka řezu a_p [mm]
Dokončování	475	0,3	viz. tab. 4.3
Hrubování	325	0,4	

• Upichování

Upichnutím je součást zkrácena na délku součásti připravené pro hrubování (viz. příloha 5: Operační výrobní návodka). Firma Sandvik dává na výběr ze dvou typů VBD – CoroCut a T – Max.

Rozměry VBD CoroCut®



Tolerance rozměru l_a dimension

Geometrie	Tolerance, mm
CoroCut•	
-CF, -CM, -CR, -GM, -RM, -TF, -TM	0/+0.1
-GF, -GE, -RO, -RE, , -RS, AM	±0.02

Obr. 4.7 Corocut a T – Max ¹

Zvolena destička: N123E2 – 0200 – 0002 – CM (Obr. 4.8)

Střední posuv Upichování trubek a tyčí	D	N123D2-0150-0002-CM	★ ★	1.50	0°	0.20	12.9	0.06 (0.03 – 0.17)	První volba			
									GC1125	GC2135	GC4225	GC1125
	E	N123E2-0200-0002-CM	★ ★ ★	2.00	0°	0.20	19.0	0.06 (0.03 – 0.17)				
		R/L123E2-0200-0502-CM	★ ★	2.00	5°	0.20	19.0	0.05 (0.03 – 0.15)				
	F	N123F2-0250-0002-CM	★ ★ ★	2.50	0°	0.20	18.9	0.08 (0.03 – 0.15)				
		R/L123F2-0250-0502-CM	★ ★	2.50	5°	0.20	18.9	0.07 (0.03 – 0.13)				
	G	N123G2-0300-0002-CM	★ ★ ★	3.00	0°	0.20	18.9	0.13 (0.04 – 0.25)				
		R/L123G2-0300-0502-CM	★ ★	3.00	5°	0.20	18.8	0.11 (0.03 – 0.23)				
	H	N123H2-0400-0002-CM	★ ★ ★	4.00	0°	0.20	24.1	0.12 (0.05 – 0.24)				
		R/L123H2-0400-0502-CM	★ ★	4.00	5°	0.20	24.1	0.11 (0.05 – 0.22)				
	J	N123J2-0500-0002-CM	★ ★	5.00	0°	0.20	24.1	0.15 (0.07 – 0.30)				
		R/L123J2-0500-0502-CM	★ ★	5.00	5°	0.20	24.1	0.14 (0.06 – 0.27)				

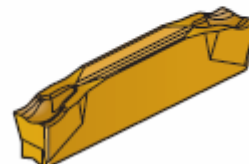
Obr. 4.8 Volba upichovací destičky¹

Řezné podmínky zvoleny dle katalogu Sandvik pro střední posuvy upichování trubek a tyčí.¹

- doporučuje se pro tenkostěnné trubky a součástky o malém průměru
- pozitivní geometrie eliminuje nebezpečí tvorby nárůstku na břitech
- malé řezné síly snižují vibrace¹

Volba pro střední posuvy

Pro upichování trubek a tyčí







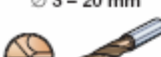


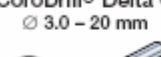




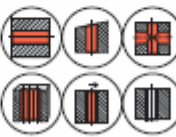
-CMObr. 4.9 Upichovací destička¹

Tab. č. 4.3 Řezné podmínky pro dokončování a hrubování

Metoda obrábění	Řezná rychlost v_c [m.min ⁻¹]	Posuv f_n [mm]	Hloubka řezu a_p [mm]
Upichování	140	0.06	2

4.3.2 Vrtání

Sortiment vrtáků firmy Sandvik se dá rozdělit do několika tříd (Obr. 4.10) a to podle průměru vrtané díry.

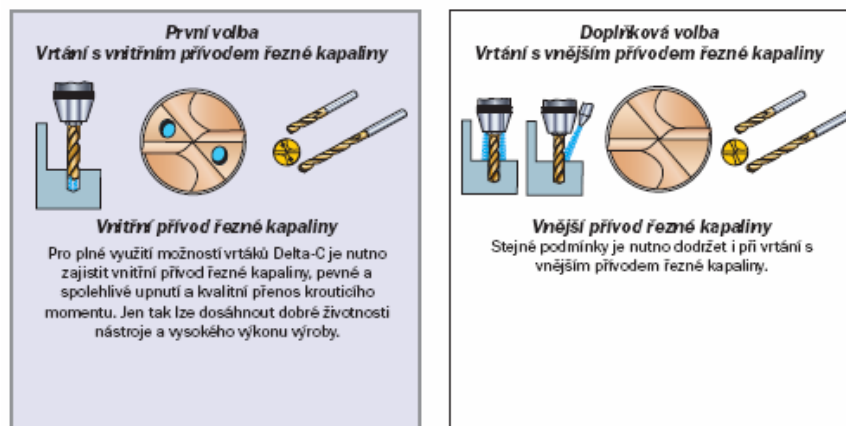
Typy vrtáků	Třídy	Materiál	Univerzální použitelnost	Max. hloubka vrtání Tolerance díry Kvalita povrchu	Strana
CoroDrill® Delta C Ø 0.30 – 1.40 mm 	H10F			$6-7 \times D_c$ IT8-10 R_a 1-2 μ m	179
CoroDrill® Delta C Ø 1.50 – 2.90 mm 	GC1020			$4-5 \times D_c$ IT8-10 R_a 1-2 μ m	179
CoroDrill® Delta C Ø 3 – 20 mm 	GC1220			$3-7 \times D_c$ IT8-10 R_a 1-2 μ m	179-182
CoroDrill® Delta C Ø 3.0 – 20 mm 	GC1220			$3-7 \times D_c$ IT8-10 R_a 1-2 μ m	179-182
CoroDrill® 880 Ø 12 – 63.00 mm 	GC4014 GC4024 GC4034 GC4044 H13A GC1044 H13A			$2-5 \times D_c$ $\pm 0.00/+0.25-0.45$ R_a 0.5 – 4 μ m	186-188

Obr. 4.10 Sortiment vrtáků firmy Sandvik ¹

Pro díru $\varnothing 8.5$ mm spadá oblast vrtáků třídy GC1220 (Obr. 4.11). Ta se dělí podle způsobu přívodu řezné kapaliny na vnitřní a vnější. “Pro plné využití možností vrtáků Delta C je nutno zajistit vnitřní přívod řezné kapaliny” (obr.4.12)¹.

ISO/ANSI		Průměry vrtáků / Třídy					
		D_c	Coromant	D_c	Coromant	D_c	Coromant
Ocel	P	0.30-1.40	H10F	1.50-2.90	GC1020	3.00-20.00	GC1220
Korozivzdorná ocel	M	-	-	-	-	3.00-20.00	GC1220
Litina	K	0.30-1.40	H10F	1.50-2.90	GC1020	3.00-20.00	GC1220
Neželezné materiály	N	0.30-1.40	H10F	1.50-2.90	GC1020	3.00-20.00	GC1220
Titanové slitiny	S	0.30-1.40	H10F	1.50-2.90	GC1020	3.00-20.00	GC1220
Tvrzené materiály	H	-	-	1.50-2.90	GC1020	3.00-20.00	GC1220

Obr. 4.11 Volba třídy řezných podmínek ¹

Obr.4.12 Vrtání s vnitřním a vnějším přívodem řezné kapaliny ¹

Na základě předchozích poznatků zvolen vrták s vnitřním přívodem řezné kapaliny: **R840-0850-30-A1A** (Obr. 4.13).

D_c mm	d_{m1}	Objednací kód	Coromant		$2 - 3 \times D_c$			$4 - 5 \times D_c$			$6 - 7 \times D_c$		
			GC1220	0 ¹⁾ 1 ²⁾	l_2	l_4	l_6	l_2	l_4	l_6	l_2	l_4	l_6
8.00	8.0	R840-0800-x0-AyA	☆	★	79	26	41	91	40	53	105	56	67
8.10	10.0	0810-x0-AyA	☆	★	89	30	47	103	44	61	120	62	75
8.15	10.0	0815-x0-AyA	-	★	-	-	-	103	44	61	-	-	-
8.20	10.0	0820-x0-AyA	☆	★	89	30	47	103	44	61	120	62	75
8.30	10.0	0830-x0-AyA	☆	★	89	30	47	103	44	61	120	62	75
8.33	10.0	0833-x0-AyA	-	★	89	30	47	103	44	61	120	62	75
8.40	10.0	0840-x0-AyA	☆	★	89	30	47	103	44	61	120	62	75
8.50	10.0	0850-x0-AyA	☆	★	89	30	47	103	44	61	120	62	75
8.60	10.0	0860-x0-AyA	☆	★	89	30	47	103	44	61	120	62	75
8.70	10.0	0870-x0-AyA	☆	★	89	30	47	103	44	61	120	62	75

Obr. 4.13 Volba vrtáku ¹

Řezné podmínky karbidových vrtáků jsou dány tabulkou z katalogu Sandvik, kdy pro nízkolegované oceli s tvrdostí HB = 180 je doporučená hodnota řezné rychlosti v rozmezí 70 - 120 m.min⁻¹ a hodnota posuvu 0,14 - 0,30 m.min⁻¹ (Obr.4.11). Pro srovnání doporučené řezné podmínky vrtáků z RO o $\varnothing 8$ mm uvedené ve strojnických tabulkách jsou $f = 0,11$ [mm] a $v_c = 25,4$ [m.min⁻¹]. ⁶

ISO/ANSI	Materiál		Průměr vrtáku D_c mm	Třída	Řezná rychlost m/min v_c	Posuv mm/ot. f_n	
	CMC	HB					
P	02.1	Nízkolegovaná ocel	180	0.30- 1.40	H10F	15-50	0.005-0.022
				1.50- 2.90	GC1020		0.03-0.06
				3.00- 6.00	GC1220	70-120	0.10-0.20
				6.01-10.00			0.14-0.30
				10.01-14.00			0.18-0.35
14.01-20.00		0.20-0.40					

Obr. 4.14 Řezné podmínky pro vrtání ¹

4.3.3 Řezání závitů

Závit M10 se stoupáním 1 bude opět vyráběn nářadím uvedeném v katalogu Sandvik. Břitové destičky Sandvik jsou vyráběny ve více geometriích.

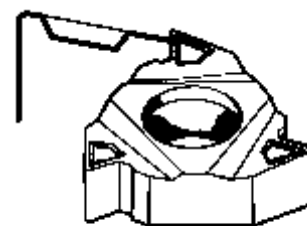
“Univerzální geometrie

VBD pro řezání závitů s plným profilem a V-profilem.

Žlábek pro utváření třísky optimalizovaný pro široké rozmezí materiálů.

Vnikající univerzální výkonnost.

Dlouhá a konzistentní životnost nástroje.



Obr. 4.15 Závitovací destička ¹

Doplňkové geometrie a jejich vlastnosti” ¹

Geometrie F

Ostrý břit



Vhodná pro lepkavé a mechanicky zpevňující materiály.

Geometrie C *

Geometrie pro dobré dělení třísek



Maximální kontrola třísky a minimální potřeba dohledu.

Optimální řešení pro nízkouhlíkové a nízkolegované oceli.

Obr. 4.16 Geometrie závitovacích destiček ¹

Pro výrobu závitů břitovou destičkou je nutno nastavit ostří pod správným úhlem λ . Destička se naklání pomocí vhodné podložky, která je tomuto úhlu přizpůsobena. Úhel λ se dá určit buď početně a nebo pomocí grafu (Obr. 4.17) v katalogu Sandvik.

“Podložky VBD

Podložky umožňují nastavit úhel sklonu břitové destičky od -2° do $+4^\circ$ v krocích po 1° .

Podložky pro držáky R166.4 s rychlovýměnným upínacím šroubem jsou symetrické, tj. neexistuje pravořezné a levořezné provedení.

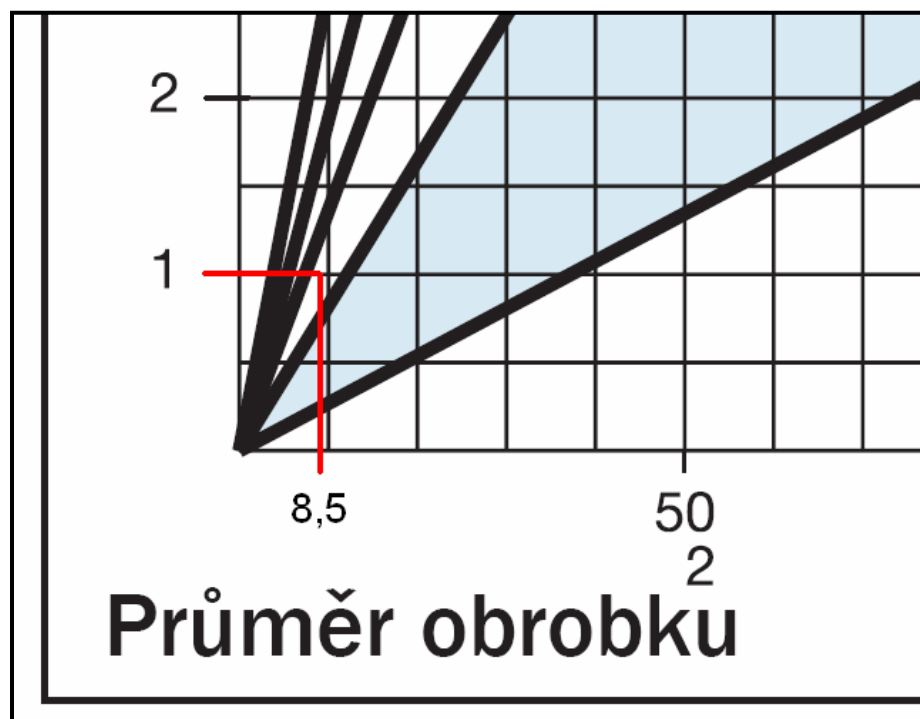
Podložky používané pro držáky s upínáním klínem nejsou symetrické, tj. vyrábí se zvláštní verze pro levo a pravostranné provedení s krokem 1° v rozmezí 0° až $+4^\circ$.

Tyče o průměru 16 mm jsou bez této podložky a úhel břitové destičky je pevně nastaven na $+2^\circ$.¹

Určení úhlu sklonu ostří pomocí grafu

Při určování úhlu sklonu ostří λ se vychází z průměru obrobku a velikosti stoupání závitu. Metoda pomocí grafu je dostatečně spolehlivá a rychlá.

Pro názornost je systém přehledně znázorněn v detailu (Obr. 4.15).



Obr. 4.17 Určení sklonu ostří pomocí grafu z katalogu Sandvik¹

Průsečík červených úseček se nachází ve výseči s označením $\lambda = 2^\circ$ a to je hledaný úhel sklonu ostří.

Početní metoda

Početní metoda vychází z aplikace funkce tg.

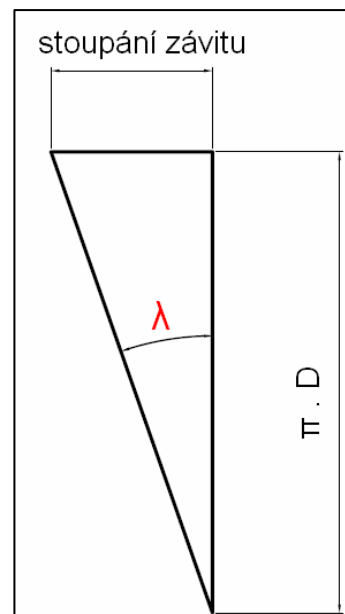
$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{\text{stoupání závitu}}{\pi \cdot D}$$

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{1}{\pi \cdot 10}$$

$$\operatorname{tg} \lambda = 0,0318 \Rightarrow \lambda = 1,82^\circ$$

Vypočtená hodnota se zaukrouhlí na normu $\lambda = 2^\circ$, kterou firma Sandvik nabízí.

Početní metoda je časově náročnější, ale potvrdila spolehlivost určení úhlu λ z grafu, což ukazuje, že pro praxi je dobře použitelná.



Obr. 4.18 Výpočet λ

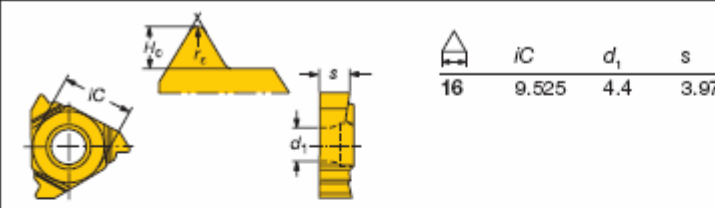
Podložka zvolena 5322 361 – 12 (Obr. 4.19)

Součást standardní dodávky	
λ = Úhel sklonu ostří	
λ	Provedení držáku 166.4 Podložky
-2°	5322 361-22
-1°	5322 361-21
0°	5322 361-10
1°	5322 361-11
2°	5322 361-12
3°	5322 361-13
4°	5322 361-14
λ	Provedení držáku 166.5
	Pravořezné Levořezné
0°	5322 371-10 5322 372-10
1°	5322 371-11 5322 372-11
2°	5322 371-12 5322 372-12
3°	5322 371-13 5322 372-13
4°	5322 371-14 5322 372-14

Obr. 4.19 Volba podložky pro závity ¹

Pro metrický závit M10 x 1 je zvolena destička **L166.0G - 16MM01 - 100**

(Obr. 4.20)



iC	d_1	s
16	4.4	3.97

nap = Počet průchoďů

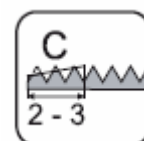
Profil závitů	Rozteč		Objednací kód	GC1020	CB20	Rozměry, mm			Řezné podmínky CoroKey					
	mm	(t.p.i.)				r_c	H_c	nap	P	M	K	N	S	H
Plný profil	0.50		R/L166.0G-16MM01-050	★		-	0.29	4/5	První volba					
	0.75		-16MM01-075	★		-	0.45	4/5						
Metrický 60°	1.00		-16MM01-100	★		-	0.60	5/6	GC1020	GC1020	GC1020	GC1020	GC1020	
	1.25		-16MM01-125	★		-	0.74	6						
	1.50		-16MM01-150	★		-	0.90	6/7						
	1.75		-16MM01-175	★		-	1.08	8/9						
	2.00		-16MM01-200	★		-	1.21	8/9						
	2.50		-16MM01-250	★		-	1.51	10/11						
	3.00		-16MM01-300	★		-	1.83	12/13						

Obr.4.20 Volba závitovací destičky Sandvik ¹

Pro výrobu vnitřního závitů M10 je navržen strojní závitník od firmy Narex. Povlakovaný závitník technologie TiN bývá v katalogu znázorněn zlatou barvou. TiN je zkratka pro Nitrid titanu.

„V PVD je při 500 °C dosahován povlak o tloušťce 2-4 μm a mikrotvrdosti 2300 HV. Tento povlak má dobré kluzné vlastnosti a účinně zvyšuje odolnost povrchu nástroje proti abrazivnímu a adheznímu opotřebení. Tento jednovrstvý povlak lze použít až do teploty 600 °C.“ ⁹

Závitníky v katalogu firmy Narex jsou rozděleny od 1 do 11 skupin (viz příloha 4). Podle tohoto rozdělení spadá zadaný materiál 12 050 do skupiny 2.2 (Obr. 4.22) V jiné tabulce katalogu Narex je pak určeno označení katalogového čísla, které udává jaký nástroj lze doporučen použít v závislosti na druhu díry (zda-li je průchozí či neprůchozí) a odchodu třísky. Systém katalogu Narex je v elektronické verzi poněkud méně přehledný, ale pro zvolenou skupinu materiálu 2.2 odpovídá čtvrtý řádek na Obr. 4.24a. Na základě Obr. 4.24a je určeno katalogové číslo 221X s typem řezného kužele C (Obr. 4.21).



Obr. 4. 21⁹

2 - Automatové a konstrukční oceli s pevností do 800 N/mm ² / Free cutting steels and structural steels up to 800 N/mm ²			
Automatenstähle und Baustähle bis 800 N/mm ²			
2.1 Automatové oceli / Free cutting steels / Automatenstähle			
11109	1.0715	95Mn28	1213
11110	1.0721	10S20	1108, 1109
2.2 Konstrukční a zušlechťené oceli / Structural steels and heat-treated steels / Baustähle und Vergütungsstähle			
11500	1.0050	St 50-2	A 570 Gr.50
11523	1.0570	St 52-3	A 714 Gr.III
11600	1.0060	St 60-2	A 572 Gr.65
11700	1.0070	St 70-2	
12010	1.0305	C 10	1010
12040	1.0501	C 35	1035
12050	1.0503	C 45	1045
12060	1.0535	C 55	1055
2.3 Nelegované lité oceli / Plain cast steels / Unlegierte Gussstähle			
422640	1.0443	GS 45	
422660	1.0558	GS 60	

Obr. 4.22 Volba strojního závitníku⁹

Zvolen závitník:

2210M DIN 371 TIN M10 (Obr. 4.23)

Řezná kapalina: O/E (emulze/řezný olej)

Řezná rychlost: 8 – 10 m.min⁻¹

Rozsah: ø M3 – M10

Obr. 4.23: Závitník 2210M⁹

	TIN	TIN	TIN
	371X	221X	421X
	48	48	48
	B	C	C
	●	●	●
	●	●	●

Obr. 4.24a⁹

Katalogové číslo / Cat. No. / Kat. Nr.		2210	
DIN 371		TiN	
z = počet drážek / z = number of flutes / z = Nutenzahl			
d ₁	P	l ₁	l ₂
M3	0,5	56	9
M3,5	0,6	56	11
M4	0,7	63	12
M4,5	0,75	70	13
M5	0,8	70	13
M6	1	80	15
M7	1	80	15
M8	1,25	90	18
M9	1,25	90	18
M10	1,5	100	20

Obr. 4.24 Technické parametry závitníku 2210M⁹

4.4 Systém upínání nástrojů

Ve firmě Stमित s.r.o. je výroba soustředěna spíše na menší až střední série a je tedy nutno zvážit rychlý a efektivní systém upínání nástrojů. Při výrobě menších sériích je potřeba vyměňovat více typů nástrojů v co nejkratším čase. Vhodným řešením se jeví možnost využití modulárního upínání nástrojů od firmy Sandvik - *Coromant Capto*.

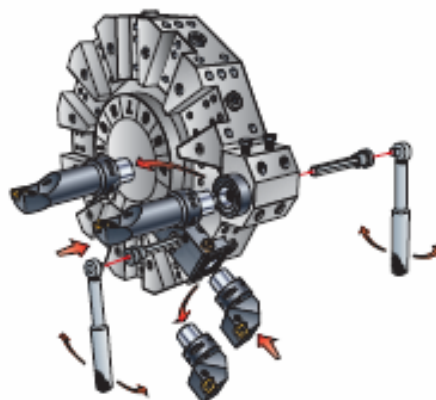
4.4.1 Coromant Capto

“*Coromant Capto* je modulární systém, což znamená, že zákazníci si mohou ze standardních produktů sestavit vhodnou kombinaci nástroje ve správné délce tak, aby vyhovovala pro danou aplikaci a strojní vybavení. Nabídka obsahuje různé druhy nástavců a redukci, s jejichž pomocí si lze sestavit pestrou paletu nástrojů v provedení a délce.

Díky modularitě znamená sjednocení upínání nástrojů na systém *Coromant Capto* skvělou volbu – přináší snížení nákladů a skladového inventáře”.²

“Rychlovýměnný systém umožňuje:

- Rychlou a efektivní výměnu nástroje
- Výměnu destičky mimo stroj
- Možnost přednastavení



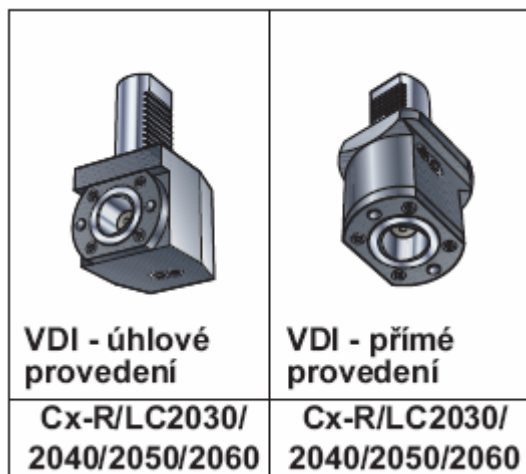
Obr. 4.25 *Coromant Capto*²

Otočení o méně než 180° pro upnutí a odepnutí

Nejhospodárnější systém pro:

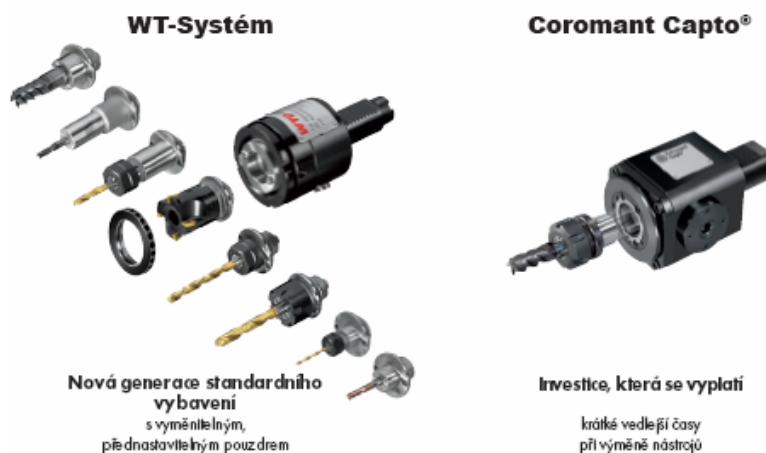
- Výměnu malých sérií, zkrácení časů na seřízení
- Operace vyžadující časté výměny VBD”²

Stroje *Tornado T6MS* jsou vybaveny nástrojovou hlavou Sauter se systémem upínání VDI 30. Sortiment firmy Sandvik obsahuje přímo upínací jednotky VDI pro technologii *Coromant Capto*. Do těchto upínačů VDI jsou pak upínány různé varianty nožových držáků *Coromant Capto*. (Obr. 4.26)

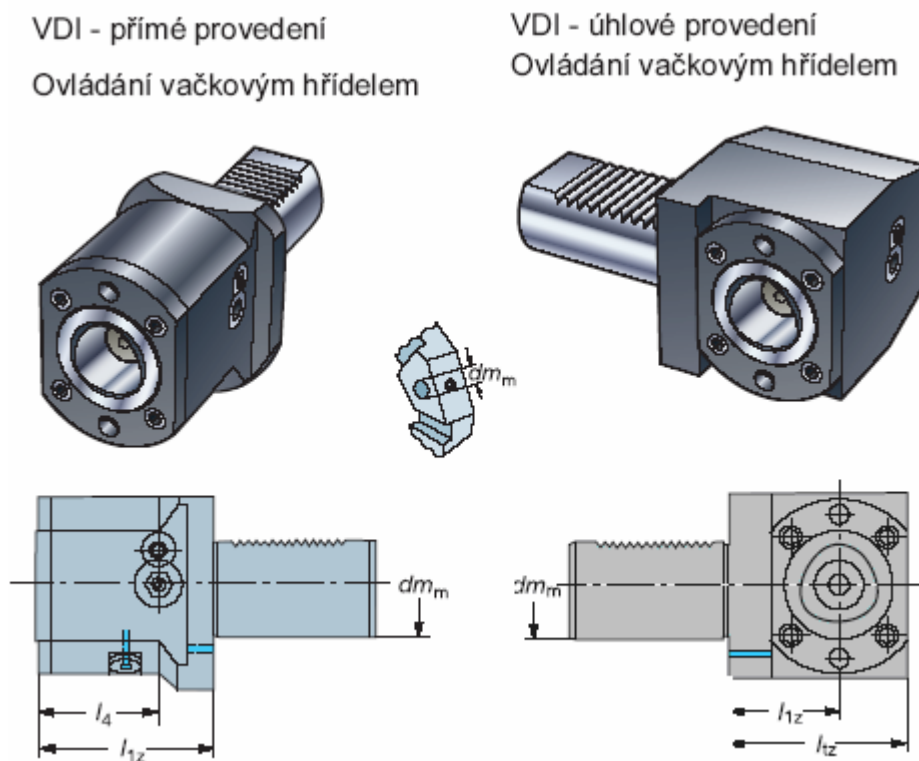
Obr.4.26 Pevné VDI držáky ²Obr. 4.27 Poháněné VDI držáky ²

Technologie *Coromant Capto* nabízí zajímavou možnost využití poháněných držáků od firmy WTO, kdy je nástroj rotační nástroj schopen vykonávat jednoduché frézovací a vrtací operace (Obr. 4.28).⁷

Další standardní vybavení pro obráběcí centra od WTO:

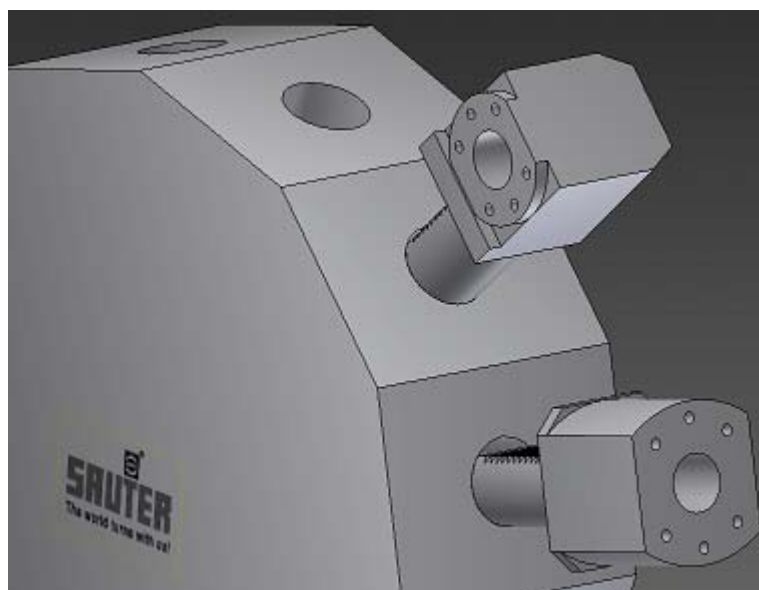
Obr. 4.28 Poháněné VDI od firmy WTO ⁷

Podle typu upínání VDI 30 je zapotřebí volit mezi držáky přímého či úhlového provedení, s ohledem na operaci, která bude vykonávána.



Obr.4.29 Typy provedení VDI pro *Coromant Capto* ²

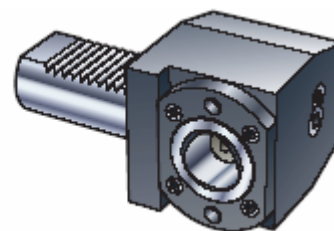
Pro operace vrtání a řezání vnitřního závitu je zvolen držák VDI úhlového provedení. Přímé provedení je určeno pro soustružící operace.



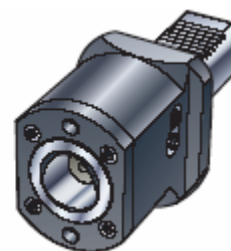
Obr.4.30 Zjednodušený model upínání v *Inventoru*

Pro VDI s rozměrem $dm_m = 30$ mm odpovídá typ s velikostí spojky C3 (Obr. 4.31). Při určování držáků *Coromant Capto* je důležité na tuto velikost spojky brát ohled. Držáky *Coromant Capto* se vyrábí ve více provedeních C3, C4, C5, C6, C8 pokaždé s jiným rozměrem spojky. Aby *Capto* držáky seděly přímo pro daný typ VDI a nebylo nutné používat redukční nástavce, musí se volit s označením C3.

Typ revolverové hlavy		
Rozměr dm_m , mm	Velikost spojky	Objednací kód
30	C3	C3-R/LC2030-41020M
	C3	C3-R/LC2030-41030M



Typ revolverové hlavy		
Rozměr dm_m , mm	Velikost spojky	Objednací kód
30	C3	C3-R/LC2030-00060M



Obr. 4.31 Pravostranné držáky VDI²

4.4.2 Poháněné nástrojové držáky modulárního typu

“Jedná se o patentovaný WT systém pro přesnou výměnu nástroje s přednastavitelnou výměnnou nástrojovou vložkou. Tento systém je vlastně přechodem mezi pevnými a poháněnými držáky a je vhodný především pro ten typ zákazníků, kteří mají zájem o poháněné nástrojové držáky, ale nechtějí investovat desítky tisíc korun do poháněných držáků. Zákazník si pouze koupí základní poháněný držák a dále dokupuje jen výměnné vložky. Vedle flexibility nabízí tento systém ještě výrazný růst produktivity – řezné nástroje mohou být měřeny a seřizovány mimo obráběcí stroj. Zákazník rovněž snižuje náklady na investice do vybavení stroje dokupováním pouze samotných výměnných vložek. WT systém zahrnuje axiální i radiální poháněné držáky s různými převodovými poměry, držáky s možností nastavení úhlů, vrtací, soustružnické i frézovací držáky s možností vnějšího nebo vnitřního přívodu chladicí kapaliny s tlakem do 30 nebo 80 barů“.⁸

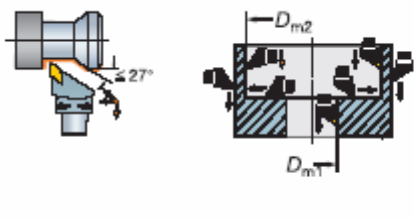
4.4.3 Coromant Capto pro soustružení, vrtání a řezání závitu

Soustružení:

- **Dokončování**

Podle tvaru destičky D - zvolen pravostranný držák *Coromant Capto* pro soustružení zprava:

C3 – DDJNR – 22045 – 11 (Obr. 4.32).²



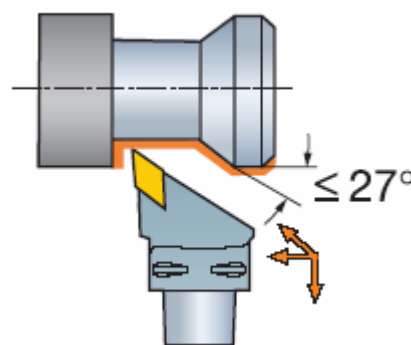
11	C3-DDJNR/L-22045-11	32	60	121	22.0	45.0	-6°	-7°
	C4-DDJNR/L-27050-11	40	60	140	27.0	50.0	-6°	-7°
15	C5-DDJNR/L-35060-11	50	65	165	35.0	60.0	-6°	-7°
	C6-DDJNR/L-45065-11	63	81	190	45.0	65.0	-6°	-7°
15	C4-DDJNR/L-27055-15	40	110	145	27.0	55.0	-6°	-7°
	C5-DDJNR/L-35060-15	50	110	165	35.0	60.0	-6°	-7°
15	C6-DDJNR/L-45065-15	63	110	190	45.0	65.0	-6°	-7°
	C8-DDJNR/L-55080-15	80	110	250	55.0	80.0	-6°	-7°

Obr.4.32 Volba dokončovacího držáku *Coromant Capto*²

Pro soustružení zleva zvolen levostranný držák:

C3 – DDJNL – 22045 – 11

U dokončovací operace je nutno vyrobit také zápich. Podle detailu z Obr. 4.33 je nutno zvolit takový typ držáku, aby byl schopen nástroj vysoustružit sražení 30°.

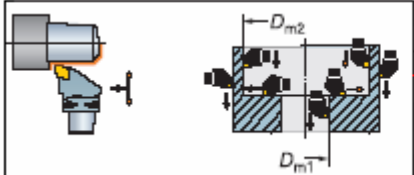


Obr. 4.33 Obrábění zápichu¹

- **Hrubování**

Podle tvaru destičky C – zvolen levostranný držák *Coromant Capto*:

C3 – DCLNL – 22045 – 12 (Obr. 4.34)



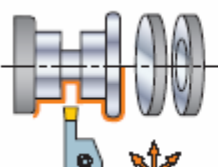
09	C3-DCLNR/L-22040-09	32	60	116	22.0	40.0	-6°	-6°
	C4-DCLNR/L-27050-09	40	60	140	27.0	50.0	-6°	-6°
12	C3-DCLNR/L-22045-12	32	60	121	22.0	45.0	-6°	-6°
	C4-DCLNR/L-27050-12	40	110	140	27.0	50.0	-6°	-6°
12	C5-DCLNR/L-35060-12	50	110	165	35.0	60.0	-6°	-6°
	C6-DCLNR/L-45065-12	63	110	190	45.0	65.0	-6°	-6°
12	C8-DCLNR/L-55080-12	80	110	250	55.0	80.0	-6°	-6°

Obr. 4.34 Volba hrubovacího držáku *Coromant Capto*²

- **Upichování**

Podle velikosti lůžka destičky E – zvolen levostranný držák

Coromant Capto: **C3 – LF123E15 – 22055B** (Obr. 4.35)

	15	D	C3-R/LF123D15-22050B	32	22	50
	15		C4-R/LF123D15-27055B	40	27	55
	15		C5-R/LF123D15-35055B	50	35	55
	15	E	C3-R/LF123E15-22055B	32	22	55
	15		C4-R/LF123E15-27055B	40	27	55
	15		C5-R/LF123E15-35060B	50	35	60

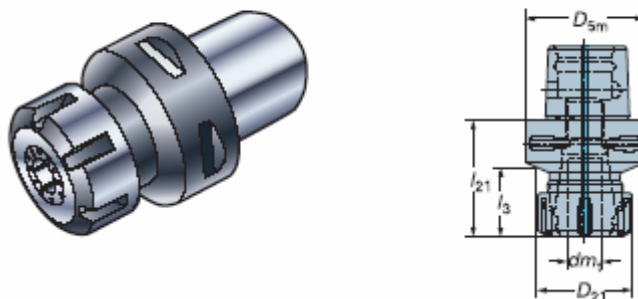
Obr. 4.35 Volba upichovacího držáku *Coromant Capto*²

Vrtání:

U výroby lze použít systém upnutí rotačních nástrojů poháněným držákem modulárního typu. Lze tak docílit větší flexibility a produktivity (viz. kap. 4.4.2) Poháněný držák pracuje se stejným systémem uchycení jako držák pro pevný rotační nástroj *Coromant Capto*.

Zvolen kleštinový držák vrtáku: **C3 – 391.14 – 20 045**

DIN 6499/ 391.14



Obr. 4.36 Kleštinový držák *Coromant Capto*²

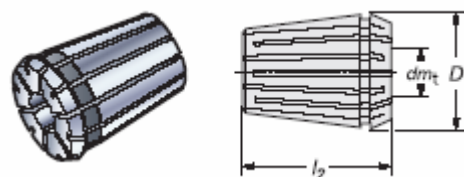
Velikost spojky	Objednací kód	Provedení	Rozměry, mm						Nm	Velikost kleštiny	
			D_{5m}	dm_{\min}	dm_{\max}	D_{21}	l_3	l_{21}			
C3	C3-391.14-16 045	1	32	1	10	28	29	45	0.2	70	16
	C3-391.14-20 045	1	32	1	13	35	45	45	0.3	100	20

Obr. 4.37 Volba objednáčného kódu kleštinového držáku²

Pro držák je zvolena kleština

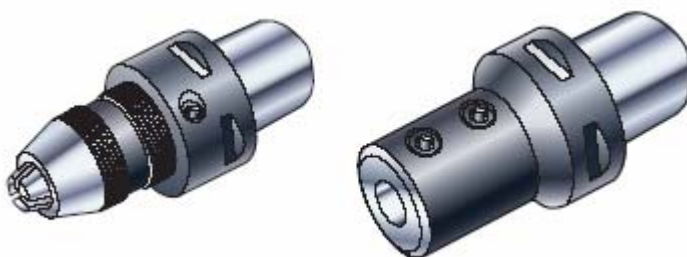
393.14 – 20 110 o velikosti 20

vyobrazená na obr. 4.38.



Obr. 4.38 Kleštiny²

Sortiment firmy Sandvik nabízí široký výběr způsobu upínání vrtáků. Kromě kleštinového sklíčidla, které je zvoleno pro upnutí vrtáku, je možnost využít také adaptér pro vrtáky typu *Weldon*, nebo vrtákové sklíčidlo (Obr.4.39).



Obr. 4.39: vlevo vrtákové sklíčidlo v pravo adaptér pro vrtáky. ²

Velikost 20		Objednací kód	
Rozsah dm_t		D_1	l_2
1.5–1.0	393.14-20 015	21	31.5
2.0–1.5	393.14-20 020	21	31.5
2.5–2.0	393.14-20 025	21	31.5
3.0–2.5	393.14-20 030	21	31.5
4.0–3.0	393.14-20 040	21	31.5
5.0–4.0	393.14-20 050	21	31.5
6.0–5.0	393.14-20 060	21	31.5
7.0–6.0	393.14-20 070	21	31.5
8.0–7.0	393.14-20 080	21	31.5
9.0–8.0	393.14-20 090	21	31.5
10.0–9.0	393.14-20 100	21	31.5
11.0–10.0	393.14-20 110	21	31.5
12.0–11.0	393.14-20 120	21	31.5
13.0–12.0	393.14-20 130	21	31.5

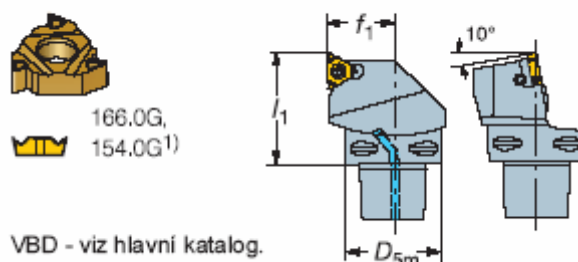
Obr. 4.40 Kleštiny ²

Vzhledem k tomu, že dřík vrtáku i závitníku mají stejný průměr $dm_m = 10 \text{ mm}$, bude použit stejný typ upínání i pro řezání vnitřního závitu M10 závitníkem.

Řezání vnějšího závitu M10:

Podle velikosti břitové destičky 16 je zvolen držák *Coromant Capto*:

C3 – L166.4FG – 22040 – 16.



Obr. 4.41 Nožový držák *Coromant Capto* ¹

16	0.5-3.0	32-6	C3-R/L166.4FG-22040-16	32	22	40	1.7
			C4-R/L166.4FG-27050-16	40	27	50	1.7
			C5-R/L166.4FG-35060-16	50	35	60	1.7
			C6-R/L166.4FG-45065-16	63	45	65	1.7
			C8-R/L166.4FG-55080-16	80	55	80	1.7

Obr.4.42 Objednací kód držáku ²

tab. 4 2 Shrnutí nástrojů a upínačů

Soustružení:		
		Čís. nást.
<i>Dokončování, zarovnání čela zprava</i>		
Nástroj:	VBD: DNMG 11 04 08 – PF	1
Držák nástroje:	C3 – DDJNR – 22045 – 11	
VDI:	C3 – R C2030 – 00060M	
<i>Dokončování, zarovnání čela zleva</i>		
Nástroj:	VBD: DNMG 11 04 08 – PF	2
Držák nástroje:	C3 – DDJNL – 22045 – 11	
VDI:	C3 – L C2030 – 00060M	
<i>Hrubování</i>		
Nástroj:	VBD: DNMG 11 04 08 – PF	3
Držák nástroje:	C3 – DCLNL – 22045 – 12	
VDI:	C3 – L C2030 – 00060M	
<i>Upichování</i>		
Nástroj:	VBD: N123E2 – 0200 – 0002 – CM	4
Držák nástroje:	C3 – LF123E15 – 22055B	
VDI:	C3 – L C2030 – 00060M	

Vrtání:		
<i>Vrtání díry pro závit</i>		
Nástroj:	VRTÁK: R840 – 0850 – 30 – A1A	5
Držák nástroje:	C3 – 391.14 – 20 045	
VDI:	C3 – R C2030 – 41030M	

Závitování:		
<i>Řezání vnějšího závitu M10</i>		
Nástroj:	VBD: L166.0G – 16MM01 – 100	6
Držák nástroje:	C3 – 391.14 – 20 045	
VDI:	C3 – L C2030 – 00060M	
<i>Řezání vnitřního závitu M10</i>		
Nástroj:	STROJ. ZÁVITNÍK: 2210M DIN 371 TIN M10	7
Držák nástroje:	C3 – 391.14 – 20 045	
VDI:	C3 – R C2030 – 41030M	

Ostatní:		
<i>Upínání</i>		
Nástroj:	levé vřeteno	8
Nástroj:	pravé vřeteno	9
Nástroj:	pračka	10
Nástroj:	posuvné měřidlo	11

4.5 Návrh polotovaru a výpočet normy spotřeby materiálu

Návrh polotovaru

Určení délky polotovaru:

$L = 91\text{mm}$... délka součásti

$$L_p = 91 + 4$$

$$\underline{L_p = 95\text{ mm}}$$

Určení rozměru polotovaru:

polotovar SW17

Výpočet normy spotřeby materiálu

Počet součástí $n_c = 5000\text{ ks}\cdot\text{rok}^{-1}$

Koeficient využití materiálu:

$$K_{vm} = \frac{Q_s}{Q_p} [\%] \quad (4.1)$$

kde: Q_s [kg] – hmotnost hotové součásti, Q_p [kg] – hmotnost polotovaru

N_m [kg] – norma spotřeby materiálu

$$K_{vm} = \frac{Q_s}{Q_p} = \frac{0,175}{0,182} = 0,79 \Rightarrow 79\%$$

$$Q_s = S_p \cdot L = \underline{\underline{250,15 \cdot 91 = 0,145\text{kg}}}$$

$$Q_p = \underline{\underline{0,182\text{kg}}}$$

Počet kusů z tyče:

$$poč.ks = \frac{l_t}{l_p} [\%] \quad (4.2)$$

kde: l_t [mm] – délka tyče, l_p [mm] – délka polotovaru,

l_z [mm] – ztrátová délka.

$$poč.ks = \frac{l_t}{l_p} = \frac{3000}{95} = 31,57\text{Ks} \Rightarrow 31\text{ks} \quad \text{Zaokrouhlujeme dolů.}$$

délka 31 kusů:

$$l_{31} = poč. ks \cdot l_p \quad [\text{mm}] \quad (4.3)$$

kde: l_{31} [mm] – délka 31 kusů z tyče.

$$l_{31} = poč. ks \cdot l_p = 31 \cdot 95 = 2945\text{mm}$$

Ztrátová délka l_z [mm]:

$$l_z = l_t - l_{32} \quad [\text{mm}] \quad (4.4)$$

$$l_z = l_t - l_{31} = 3000 - 2945 = 55 \text{ mm}$$

Hmotnost ztráty na jednici z nevyužitého konce tyče q_k [kg]:

$$q_k = (S_p \cdot l_z \cdot \rho) \div 31 \quad [\text{kg}] \quad (4.5)$$

kde: S_p [mm²] – plocha podstavy, l_d [mm] – délka odřezávané vrstvy, ρ [kg.m³] – hustota materiálu.

$$q_k = (S_p \cdot l_z \cdot \rho) \div 31 = (250,15 \cdot 24 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6}) \div 31 = 0,0471 \div 31 = 0,0015 \text{ kg}$$

Hmotnost ztráty na jednici vzniklé dělením q_u [kg]:

$$q_u = S_p \cdot l_d \cdot \rho \quad [\text{kg}] \quad (4.6)$$

kde: S_p [mm²] – plocha podstavy, l_d [mm] – délka odřezávané vrstvy, ρ [kg.m³] – hustota materiálu.

$$q_u = S_p \cdot l_d \cdot \rho = 250,15 \cdot 2 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 0,0039 \text{ kg}$$

Hmotnost ztráty na jednici vzniklé obráběním přídatku q_o [kg]:

$$q_o = Q_p - Q_s \quad [\text{kg}] \quad (4.7)$$

kde: Q_s [kg] – hmotnost hotové součásti, Q_p [kg] – hmotnost polotovaru.

$$q_o = Q_p - Q_s = 0,182 - 0,145 = 0,037 \text{ kg}$$

Norma spotřeby materiálu N_m [kg]:

$$N_m = Q_p + q_u + q_k \quad [\text{kg/ks}] \quad (4.8)$$

kde: q_u [kg] – hmotnost ztráty na jednici vzniklé dělením, q_k [kg] – hmotnost ztráty na jednici z nevyužitého konce tyče, Q_p [kg] – hmotnost polotovaru.

$$N_m = Q_p + q_u + q_k = 0,182 + 0,0039 + 0,0014 = 0,1873 \text{ kg / ks}$$

Stupeň využití materiálu k_m [-]:

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} \quad [-] \quad (4.9)$$

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} = \frac{0,145}{0,1873} = 0,973$$

kde: Q_s [kg] – hmotnost hotové součásti,

N_m [kg] – norma spotřeby materiálu.

„Podle stupně využití materiálu můžeme posuzovat pracnost výrobku a pokrokovost použitých technologických metod. Blíží-li se $k_m = 1$, znamená to, že množství odebraných třísek je malé a tedy obrábění vyžaduje i malou spotřebu pracovního času a naopak. Zvýšením stupně využití materiálu k_m lze dosáhnout snížení pracnosti a tím i zvýšení produktivity práce.“⁷

4.6 Návodky

- Soustružení

Vzorec pro výpočet jednotkového strojního času t_{AS}^{10} :

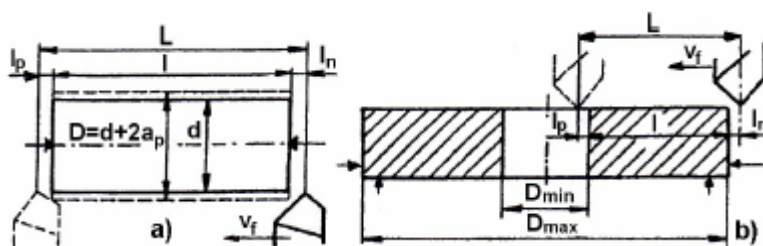
$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} \quad [\text{min}] \quad (4.10)$$

kde: L [mm] – dráha nástroje, n [min^{-1}] – otáčky obrobku,
 f [mm] – posuv na otáčku.

Vzorec pro výpočet dráhy nástroje L^{10} :

$$L = l + l_n + l_p \quad [\text{mm}] \quad (4.11)$$

kde: l [mm] – délka soustružené plochy, l_n [mm] – délka náběhu,
 l_p [mm] – délka přeběhu.



Obr. 4.43 Jednotkový strojní čas

a) podélné soustružení, b) čelní soustružení¹⁰

Vzorec pro výpočet otáček obrobku n^{10} :

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (4.12)$$

kde: D [mm] – průměr obráběné plochy, v_c [$\text{m} \cdot \text{mm}^{-1}$] – řezná rychlost,
 f [mm] – posuv na otáčku obrobku.¹⁰

Vzorový výpočet otáček a strojního času pro zarovnání čela:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} \qquad L = l + l_n + l_p \qquad n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D}$$

$$t_{AS} = \frac{11,82 \cdot 1}{6000 \cdot 0,3} \qquad L = 9,82 + 1 + 1 \qquad n = \frac{1000 \cdot 475}{\pi \cdot 19,64}$$

$$t_{AS} = 0,006 \text{ min} \qquad L = 11,82 \text{ mm} \qquad n = 7698 \text{ min}^{-1}$$

Vypočtená hodnota otáček $n = 7698 \text{ min}^{-1}$ nenáleží do rozmezí maximálních otáček stroje *Tornado*, proto je hodnota zaokrouhlena na horní mez otáček stroje $n = 6000 \text{ min}^{-1}$.

Zbylé výsledné jednotkové časy t_{AS} , v tabulce 4.3.

- **Vrtání:**

Vzorec pro výpočet jednotkového strojního času t_{AS}^{10} :

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} \text{ [min]} \quad (4.13)$$

kde: l_n [mm] – náběh vrtáku,

l [mm] – je délka vrtané díry,

l_p [mm] – je přeběh vrtáku,

v_f [m.mm⁻¹] – je posuvová rychlost,

n [min⁻¹] – jsou otáčky vrtáku,

f [mm] – je posuv na otáčku.

Pro standardní vrtáky s úhlem špičky $\kappa_r = 118^\circ$ bude $l_p = 0,3 \cdot D + (0,5 \div 1,0)$

Obr. 4. 44 Dráha nástroje ¹⁰

a hodnota $l_n = (0,5 \div 1,0)$ [mm].

Vzorec pro výpočet otáček obrobku (nástroje) n^{10} :

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \text{ [min}^{-1}\text{]} \quad (4.14)$$

kde: D [mm] – průměr obráběné díry,

v_c [m.mm⁻¹] – rezná rychlost,

f [mm] – posuv na otáčku obrobku. ¹⁰

Vzorový výpočet otáček a strojního času pro vrtání díry $\varnothing 8,5$ mm:

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} \quad \begin{array}{l} l_p = 0,3 \cdot D + (0,5 \div 1) \\ l_p = 0,3 \cdot D + 0,5 \\ l_p = 0,3 \cdot 8,5 + 0,5 \\ l_p = 3,05 \text{ mm} \\ l_n = (0,5 \div 1) = 0,5 \text{ mm} \end{array} \quad \begin{array}{l} n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \\ n = \frac{1000 \cdot 120}{\pi \cdot 8,5} \\ n = 4494 \text{ min}^{-1} \end{array}$$

$$t_{AS} = \frac{0,5 + 20 + 3,05}{4494 \cdot 0,3}$$

$$t_{AS} = 0,017 \text{ min}$$

- **Soustružení závitů:**

„Závity se soustruží na univerzálních, revolverových, poloautomatických, automatických a různých speciálních soustružnických strojích. Posuv na otáčku obrobku je roven stoupání soustruženého závitu.“¹⁰

Vzorec pro výpočet jednotkového strojního času t_{AS}^{10} :

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} \text{ [min]} \quad (4.15)$$

kde: **L** [mm] – dráha nástroje,

n_o [min⁻¹] – otáčky obrobku,

f [mm] – posuv na otáčku.

Vzorec pro výpočet otáček obrobku¹⁰:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \text{ [min}^{-1}] \quad (4.16)$$

kde: **D** [mm] – průměr obráběné díry,

v_c [m.mm⁻¹] – rezná rychlost,

f [mm] – posuv na otáčku obrobku.¹⁰

Vzorový výpočet otáček a strojního času pro řezání závitu M10:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} \quad \begin{array}{l} n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \\ n = \frac{1000 \cdot 50}{\pi \cdot 10} \\ n = 1592 \text{ min}^{-1} \end{array}$$

$$t_{AS} = \frac{12,8 \cdot 5}{1592 \cdot 1}$$

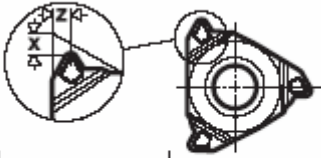
$$t_{AS} = 0,04 \text{ min}$$

Řezná rychlost je v návrhu s nížena z katalogových 125 m.min⁻¹ na 50 m.min⁻¹. Po zaběhnutí výroby je možno katalogovou hodnotu zavést.

T-Max® U-Lock
Další technické informace naleznete v naší Technické příručce obrábění

a_p = celková hloubka závitů
 nap = počet průchodů

Rozměry x a z



	Stoupání mm	t.p.i.	Celkový přisuv		x	z
			a_p	nap		
Metrický 60° Vnější						
R/L166.0G-16MM01	0.50		0.29	4	1.32	0.50
Hřebíkové VBD viz tabulka na straně C56.	0.75		0.45	4	1.32	0.50
	0.80		0.49	4	1.32	0.60
	1.00		0.60	5	1.32	0.80
	1.25		0.74	6	1.32	0.80
	1.50		0.90	6	1.32	1.00
	1.75		1.06	8	1.32	1.20
	2.00		1.21	8	1.32	1.40
	2.50		1.51	10	1.32	1.40
	3.00		1.83	12	1.32	1.80

Obr. 4.45 Parametry závitů³

Vzorec pro výpočet přisuvů v průchodech omezené série³:

$$\Delta a_{px} = \frac{a_p}{\sqrt{nap-1}} \cdot \sqrt{\varphi} \quad [\text{mm}] \quad (4.17)$$

kde: Δa_p [mm] – je radiální posuv do záběru,

x [-] – je aktuálně prováděný průchod (v řadě od 1 do nap),

a_p [mm] – je celková hloubka závitů (obr. 4.45),

nap [-] – je počet průchodů (obr. 4.45),

φ [-] – 1. průchod = 0,3,

2. průchod = 1

3. a každý další průchod = $x - 1$.

Výpočet dílčích přisuvů:

$$\Delta a_{p1} = \frac{0,6}{\sqrt{5-1}} \cdot \sqrt{0,3} = 0,16 \text{ mm}$$

$$\Delta a_{p2} = 0,3 \text{ mm}$$

$$\Delta a_{p4} = 0,5 \text{ mm}$$

$$\Delta a_{p3} = 0,42 \text{ mm}$$

$$\Delta a_{p5} = 0,6 \text{ mm}$$

Tab. 4.3 Operační návodka

Čís. op.	Popis práce	i	v_c	a_p	$\varnothing D$	l	n	f	t_{AS}
		[-]	[mm* min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min ⁻¹]	[mm]	[min]
1	upnout do levého vřetena na doraz								0,05
2	zarovnat čelo	1	475	1	19,64	10,82	6000	0,3	0,006
3	srazit hrany 1x30° a 1,5x45°	2	475	1,7	19,64	1	6000	0,3	0,001
4	vrtat $\varnothing 8,5$ do hloubky 20 mm	1	120	4,25	8,5	20	4494	0,3	0,017
5	řezat závit M10 v díře $\varnothing 8,5$ do hloubky 14mm.	1	8	0,6	10	15	229	1	0,05
6	automaticky přepnout do pravého vřetena								0,05
7	upíchnout na délku 92 mm.	1	140	2	19,64	10,82	2269	0,06	0,079
8	hrubovat polotovár na $\varnothing 11,64$ mm v délce 15,5 mm	1	325	4	19,64	15,5	5267	0,4	0,008
9	dokončit čelo na délku 91 mm	1	475	1	19,64	10,82	6000	0,3	0,006
10	dokončit $\varnothing 11,64$ mm na $\varnothing 10,64$ mm v délce 16 mm	1	475	0,5	11,64	16	6000	0,3	0,009
11	dokončit $\varnothing 10,64$ mm na $\varnothing 10$ mm v délce 16mm	1	475	0,32	10,64	16	6000	0,3	0,009
12	srazit hrany 1x30° a 1,5x45°	2	475	1,7	19,64	1	6000	0,3	0,001
13	soustružit závit M10 v délce 10,8 mm	5	50	0,6	10	12,8	1592	1	0,04
14	očistit								
15	kontrola								
16	popsat								
Σ	t_A								0,33

Tab.4.4 Výsledné časy t_{AS} pro daný nástroj

Číslo nástroje (VBD)	1	2	3	4	5	6	7
Výsledný t_{AS} pro daný nástroj	0,007	0,025	0,008	0,079	0,017	0,04	0,05
Celkový čas T_A	0,58	2,08	0,67	6,58	1,42	3,33	4,17

4.7 Určení počtu strojů a ekonomické zhodnocení

Velikost zakázky - $N = 5000 \text{ ks.rok}^{-1}$

Čas celkový:

$$T_A = \frac{N}{60} \cdot t_A$$

$$T_A = \frac{5000}{60} \cdot 0,33$$

$$T_A = 27,5 \text{ hod}$$

Čas celkový pro dokončování

$$T_{Adok} = \frac{N}{60} \cdot t_{A1}$$

$$T_{Adok} = \frac{5000}{60} \cdot 0,007$$

$$T_{Adok} = 0,58 \text{ hod}$$

4.8 Spotřeba nářadí a trvanlivost

Trvanlivost destiček pro dokončování, hrubování a upichování:

Trvanlivost při dokončování uvažujeme z obecného vztahu: $T_{dok}=15^1 \text{ min}$

Trvanlivost při hrubování uvažujeme z obecného vztahu: $T_{hrub}=20\text{-}25 \text{ min}$

Tento vztah však musíme vynásobit ještě počtem břitů nástroje. Konkrétně u dokončovacích či hrubovacích oboustranných destiček je nutno uvažovat s dvojnásobným počtem břitů jedné strany což je $2 \cdot 4 \text{ břity} = 8 \text{ břitů}$. Proto výsledná trvanlivost jedné destičky je daná obecným vztahem: **$T \cdot \text{počet břitů}$** .

$$T_{dok} = 15^1 \cdot 8 = 120 \text{ min}$$

$$T_{hrub} = 20 \div 25 \Rightarrow \text{volím } 24$$

$$T_{hrub} = 24 \cdot 8 = 192 \text{ min}$$

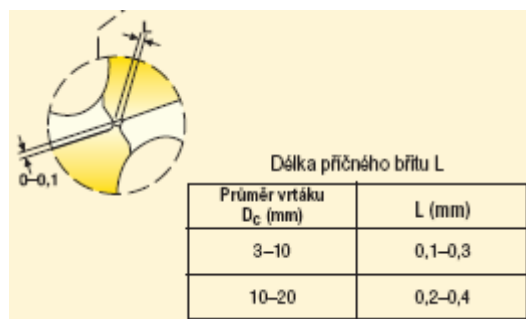
$$T_{upich} = 24 \cdot 2 = 48 \text{ min}$$

Trvanlivost destiček pro vrtání:

Podklady pro broušení vrtáků převzaty z katalogu SECO v příloze 6.

$$n_{br} = \frac{\text{délka řezné částiv vrtáku } l_4}{\text{hloubka broušené vrstvy}}$$

$$n_{br} = \frac{30}{0,5} = 60 \text{ broušení}$$



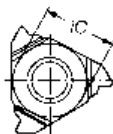
Obr. 4.46 Broušení vrtáků SECO¹⁵
Obr. 4. ss¹⁵

$$T_{vrt} = n_{br} \cdot T$$

$$T_{vrt} = 60 \cdot 15 = 900 \text{ min}$$

Trvanlivost destiček pro soustružení vnějšího závitu:

$$T_{zdvk} = 15^1 \cdot 3 = 45 \text{ min}$$

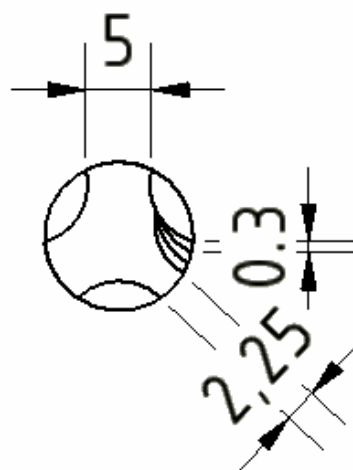
**Trvanlivost destiček pro řezání vnitřního závitu:**

Po přeměření závitníku jsou získány přibližné hodnoty dle Obr. 4.47.

$$n_{br} = \frac{5}{0,5} - 2,25 = 7,75 \text{ broušení}$$

$$T_{zdv2} = n_{br} \cdot T$$

$$T_{zdv2} = 7,75 \cdot 15 = 116 \text{ min}$$



Obr. 4.47 Schéma ostření závitníku

Počet nástrojů pro výrobu zakázky:

Zbylé údaje o počtu nástrojů v tab. 4.5

Tab. 4.5 Počet nástrojů

nástroj	výpočet	počet ks.
1	0,29	1
2	1,04	1
3	0,003	1
4	0,099	1
5	0,001	1
6	0,053	1
7	0,026	1

$$n_{VBDdok} = \frac{T_{A1} \cdot 60}{\sum T_{hrub}}$$

$$n_{VBDdok} = \frac{0,58 \cdot 60}{120}$$

$$n_{VBDhrub} = 0,29 \Rightarrow 1ks$$

Pro každou operaci v celé zakázce je potřeba objednat pouze 1 nástroj.

Celkové náklady na nástroje:

Ceny nástrojů jsou použity z ceníků firem Sandvik a Narex pro rok 2009.

Tab. 4.6 Ceník nástrojů

nástroj	počet ks	celkem [kč]
DNMG 11 04 08 PF	1	275,00
CNMG 12 04 08 PR	1	262,00
N123E2 02000002	1	511,00
R840-0850-30-A1A	1	2885,00
L166.0G16MM01100	1	461,00
5322 361 12	1	461,00
2210M DIN 371 TIN M10	1	500,00
Celkem	7	5355,00

Určení počtu strojů:

$$n_i = \frac{T_A}{E f_i \cdot \eta}$$

$$n_1 = \frac{27,5}{1900 \cdot 0,8} = 0,018$$

Zakázka 5000 ks za rok je i pro jednu směnu zcela zanedbatelná. Z toho důvodu je pro výrobu navrhnut jeden stroj *Tornado T6MS*. Ten podle výpočtů se vyrobí 5000 ks za necelé dva dny. Při použití třech strojů *Tornado* bude zakázka vyrobena za jednu směnu.

Energetické náklady stroje Tornado T6MS:

$$E = n \cdot P \cdot T_A \quad [\text{Wh}^{-1}] \quad (4.18)$$

kde: n [-] – počet strojů, P [kW] – příkon stroje, T_A [hod] – čas celkový.

$$P = 28 \text{ kW} \quad E = n \cdot P \cdot T_A$$

$$T_A = 27,5 \text{ hod} \quad E = 1 \cdot 28 \cdot 27,5$$

$$n = 1 \quad E = \underline{770 \text{ kWh}^{-1}}$$

$$\text{Celková cena za kW: } P_T \cdot E = 4,75 \cdot 770 = \underline{3657,5 \text{ Kč}}$$

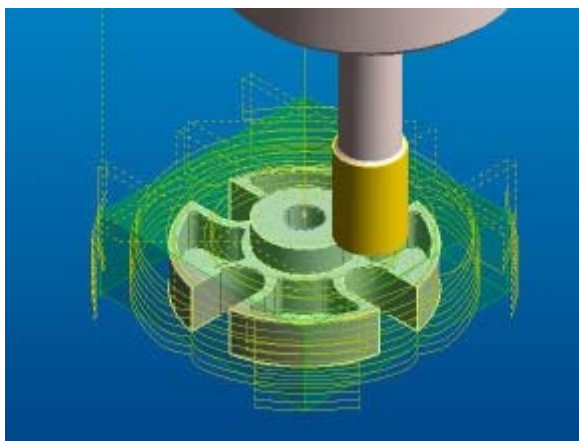
Vzhledem k tomu, že držáky VDI jsou ve firmě používány i pro jiné součástky, nejsou ve výčtu cen zaznamenány.

4.9 CNC program

Program pro CNC *Tornado* je vygenerován pomocí CAM softwaru *Edgecam* od společnosti Pathtrace. I přes jednoduchost součásti je *Edgecam* v nové technologii preferován kvůli všestrannosti, kdy se může hodit jeho použití i při programování jiných tvarově složitějších součástí zvláště na CNC frézkách (Obr. 4.48). Po vymodelování součásti pomocí CAD/CAM softwaru (Inventor 2008, *Edgecam*) jsou vygenerovány dráhy nástrojů, nastaveny řezné podmínky, vybrány nástroje, vytvořena simulace obrábění, atd. Software sám kontroluje kolize, takže je možno předejít chybám v programu ještě před samotnou výrobou a nedojde k poškození drahého nástroje. Programování protivřetena (synchronizace otáček, plně automatizované přepínání) je *Edgecamem* rovněž velice zdařile podporováno.

Při aplikaci *Edgecamu* do výroby je nutno přihlídnout na cenu softwaru, kvalifikovanost pracovníků a programátorů CNC strojů a vytvoření příslušného postprocesoru. Postprocesor může být buď zakoupen přímo od výrobce stroje a nebo vypracován v pomocné aplikaci *Edgecamu – Konstruktor postprocesorů*.

- **Konstruktor postprocesorů** – slouží ke konfiguraci parametrů CNC stroje do nového postprocesoru, který je okamžitě připraven pro generování CNC kódu. Postup je velmi snadný a využívá typické windowsovské průvodce, které za pomoci několika dotazů povedou k vytvoření nového postprocesoru. Konstruktor postprocesoru obsahuje šablony pro všechny běžné NC systémy.¹¹



Obr. 4.48 Ukázka programu Edgecam¹¹

ZÁVĚR

Pro produktivní výrobu je potřeba určit optimální stroj, správné nářadí, jednoduchý a rychlý systém upínání, technologický postup, atd. Nejnákladnější a nejkvalitnější stroj či nářadí nemusí vždy znamenat tu nejlepší cestu k výrobě součásti. Je velice důležité brát ohled na obráběcí soustavu (stroj-nástroj-upnutí-obrobek), na velikost zakázky, technologičnost součásti a na materiál. V případě zadané součásti byla nová technologie navržena pro co možná největší využití stroje *Tornado T6MS*.

Výrobní sortiment firmy *Stamit s.r.o* pokrývá převážně součástky jednoduchého charakteru podobnému zadané součásti. Je tedy nutné zvážit aplikaci finančně nákladnějšího software *CAD/CAM* (např. *Edgecam* a *Inventor*).

Podle stávající technologie je stroj *Tornado T6MS* využitý pro výrobu zadané součásti minimálně. Nově navržená technologie zase naopak výrobu přenáší pouze na něj. Podle energetických nákladů, nákladů na obsluhu, na nástroje, apod. stojí za zvážení, zda celou výrobu provádět na tomto stroji, anebo neprovádět vůbec a soustružnické operace navrhnout pro hrotový soustruh *SV 18 RA* s příkonem 6kW. Tuto variantu by bylo nutno propočítat, k čemuž ale nedošlo.

Nová technologie je založena na výrobě součásti v plně automatizovaném cyklu a omezuje tak podíl lidského faktoru ve výrobě na minimum. Je tedy nutno přihlídnout na možnost využití operačních pracovníků pro výrobu jiných součástí či zakázek, tak aby byli zaměstnanci ve stabilním pracovním poměru.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. CoroKey quide 2008 [online]. 2008. Dostupné z www:
<http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/CoroKey_2008.pdf>
2. Coromant Capto Modular Tooling System [online]. 2009. Dostupné z www:
<http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/Capto_2008.pdf>
3. Main Catalogue 2009 [online]. 2009. Dostupné z www:
<http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/MC_2009_Klick_CZE_C.pdf>
4. Katalog Colchester: Anglické CNC soustruhy TORNADO. pdf.
5. Katalog Colchester: The Tornado T Series. 9/2007.
6. LEINVEBER, J.; ŘASA, J.; VÁVRA, P. Strojnické tabulky. 3. doplněné vyd. Praha: Scientia, spol. s.r.o., 1999. 984 s. ISBN 80-7183-164-6.
7. KOČMAN, K.; PERNIKÁŘ, J. Ročníkový projekt II – obrábění. pdf, Syllabus pro kombinované studium bakalářského studijního programu, 2002
8. KUCHAR, Dušan. MM Průmyslové spektrum: Svět nástrojových držáků [online]. 5/2008 [citováno 2009-05-28]. Dostupné z www:
<<http://www.mmspektrum.com/clanek/svet-nastrojovych-drzaku>>
9. Katalog 26 Narex.pdf. 3/2008
10. HUMÁR, A. Technologie obrábění – 2 část. pdf, Studijní opory pro magisterskou formu studia, 2004
11. Katalog Edgecam, Popis Edgecam 12. pdf
12. Manuál stroje Tornado T6MS. Dodatečné informace ke stroji s protivřetenem
13. Technický týdeník: Vyšší produktivita díky CNC simulaci. Praha: 2008.
14. www.stamit.cz (20.4.2009)
15. Katalog SECO, Drilling CZ. pdf. 220s.

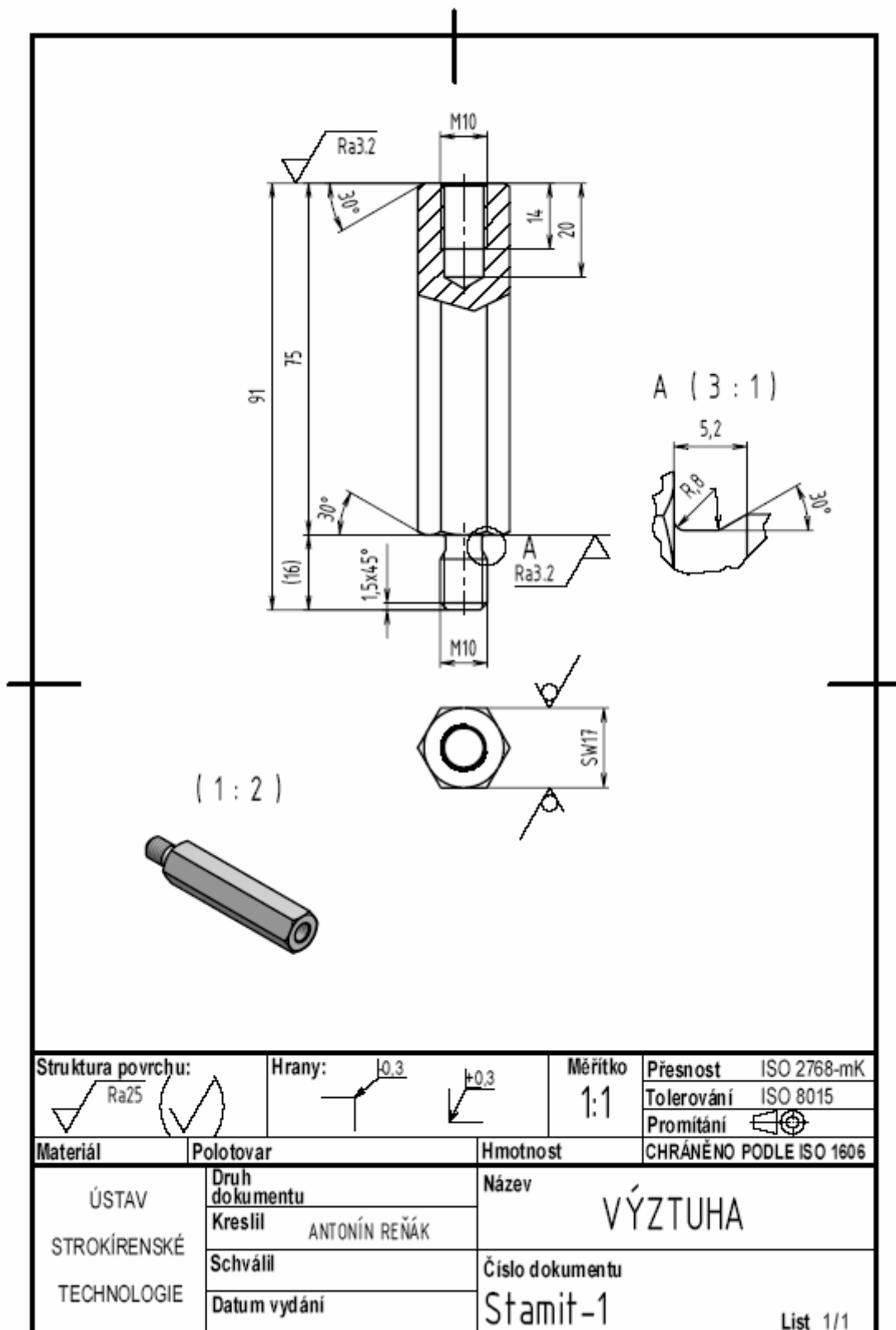
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jedn.	Popis
CNC	[-]	Computer Numeric Control
NC	[-]	Numeric Control
CAM	[-]	Computer - Aided Manufacturing
CAD	[-]	Computer Aided - Design
VDI	[-]	system upínání nástrojových držáků
VBD	[-]	řezná destička
TiN	[-]	Nitrid titanu
v_c	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost
f	[mm]	posuv na otáčku
λ	[]	úhel sklonu ostří
dm_m	[mm]	rozměr upínače VDI
l	[mm]	délka součásti
n_c	[ks.rok ⁻¹]	počet součástí za rok
Kv_m	[%]	koeficient využití materiálu
Q_s	[kg]	hmotnost hotové součásti
Q_p	[kg]	hmotnost polotovaru
N_m	[kg]	norma spotřeby materiálu
l_t	[mm]	délka tyče
l_p	[mm]	délka polotovaru
l_z	[mm]	ztrátová délka
l_{31}	[mm]	délka 31 kusů z tyče
S_p	[mm ²]	plocha podstavy
l_d	[mm]	délka odřezávané vrstvy
ρ	[kg.m ⁻³]	hustota materiálu
q_0	[kg]	hmotnost ztráty na jednici vzniklé obráběním přídavku
k_m	[-]	stupeň využití materiálu
t_{As}	[min]	jednotkový strojní čas
L	[mm]	dráha nástroje
n	[min ⁻¹]	otáčky obrobku nebo nástroje
l_n	[mm]	délka náběhu
l_p	[mm]	délka přeběhu
D	[mm]	průměr obráběné plochy
v_f	[m.mm ⁻¹]	posuvová rychlost
Δa_p	[mm]	radiální posuv do záběru
a_p	[mm]	hloubka třísky
nap.	[-]	počet průchodů
T_A	[min]	celkový čas
T_{dok}, T_{hrub}	[min]	trvanlivost pro dokončování a hrubování
n_{br}	[-]	počet broušení
n_i	[-]	počet strojů
E	[Wh ⁻¹]	energetické náklady stroje
P	[kW]	příkon stroje

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres zadané součásti
Příloha 2	Technické parametry stroje Tornado T6MS
Příloha 3 - 1/2	Výčet strojů a jejich technické parametry
Příloha 3 - 2/2	Výčet strojů a jejich technické parametry
Příloha 4	Rozdělení materiálů pro závitníky Narex
Příloha 5 - 1/4	CNC program
Příloha 5 - 2/4	CNC program
Příloha 5 - 3/4	CNC program
Příloha 5 - 4/4	CNC program
Příloha 6 - 1/3	Operační výrobní návodka
Příloha 6 - 2/3	Operační výrobní návodka
Příloha 6 - 3/3	Operační výrobní návodka

Příloha 1



Příloha 2


Tornada řady T - technické parametry

TORNADO s poháněnými nástroji	T6M
Oběžný průměr nad ložem (mm)	440
Max. soustružený průměr (mm)	200
Max. délka soustružení (mm)	450
Max. průměr tyče (mm)	54
Vrtání vřetene (mm)	64
Ukončení vřetene	A 2-5
Velikost sklíčidla (mm)	170/210
Výška sklíčidla (mm)	950
Max. otáčky vřetene (ot.min ⁻¹)	6000/4000
Výkon vřetene (kW)	15
Sklon lože	60°
Rychloposuv Z/X/Y (m. min ⁻¹)	30/25/-
Přesnost najetí/opakovaná (mm)	± 0.005 / 0.002
Počet nástrojů/poháněných nástrojů	12 / (12)
Max. otáčky poháněných nástrojů (m. min ⁻¹)	5000
Max. výkon poháněných nástrojů (kW)	3.7
Max. velikost kleštiny (poháněné nástroje) (mm)	16
Typ nástrojového držáku	VDI 30
Přidaná osa C plně programovatelná	0001°
Objem nádrže pro chladicí kapalinu (l)	100
Průtok chladicí kapaliny (l. min ⁻¹)	25
Příkon stroje (kVA)	28
Hmotnost stroje (kg)	4000
TORNADO S PROTIVŘETENEM	T6MS
Max. soustružený průměr	220
Vrtání proti vřetene (mm)	42
Ukončení proti vřetene (mm)	DIN 6353
Velikost sklíčidla (mm)	130
Max. otáčky protivřetene (ot.min ⁻¹)	6000
Výkon proti vřetene (kW)	5.5
Pojezd v osy A (mm)	450
Rychloposuv v ose A (m.min ⁻¹)	30
Přidaná osa B plně programovatelná	0001°


Příloha 3 - 1/2

Seznam strojů


Název:	CNC soustruh	
Typ:	Tornado T6MS	
Rok výroby:	2000	
Příkon:	28	[kW]
Hmotnost:	4450	[kg]



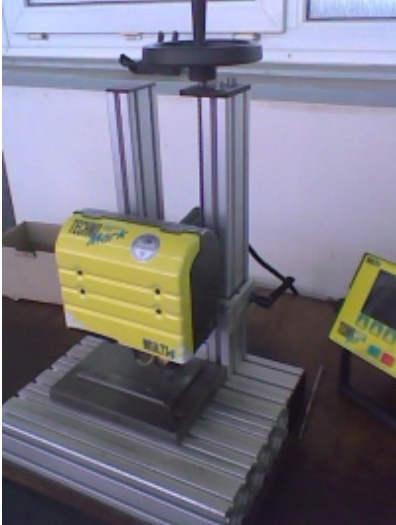

Název:	Vrtačka sloupová	
Typ:	ZMV 16	
Rok výroby:	1990	
Příkon:	2	[kW]
Hmotnost:	370	[kg]



Název:	Válcovačka závitů	
Typ:	GWR 80x120	
Rok výroby:	1959	
Příkon:	5,2	[kW]
Hmotnost:	12000	[kg]



Příloha 3 - 2/2

Název:	Pramark Multi 4		
Typ:	V2 200		
Rok výroby:	2004		
Napájení	240	[V]	
Hmotnost:	22,4	[kg]	
Název:	Pásová pila Pilous TMJ		
Typ:	ARG 200 PLUS M		
Rok výroby:	2000		
Příkon:	1,05	[kW]	
Hmotnost:	220	[kg]	
Napájení:	400	[V]	

Příloha 4

1	Měkké konstrukční oceli s pevností do 500 N/mm ² / Soft structural steels up to 500 N/mm ² / Weiche Baustähle bis 500 N/mm ²	1.1. Konstrukční oceli / Structural steels / Baustähle
		1.2. Nelegované lité oceli / Plain cast steels / Unlegierte Gussstähle
2	Automatové a konstrukční oceli s pevností do 800 N/mm ² / Free cutting steels and structural steels up to 800 N/mm ² / Automatenstähle und Baustähle bis 800 N/mm ²	2.1. Automatové oceli / Free cutting steels / Automatenstähle
		2.2. Konstrukční a zušlechťené oceli / Structural steels and heat-treated steels / Baustähle und Vergütungsstähle
		2.3. Nelegované lité oceli / Plain cast steels / Unlegierte Gussstähle
3	Zušlechťené a nástrojové oceli s pevností do 1100 N/mm ² / Heat-treated steels and tool steels up to 1100 N/mm ² / Vergütungsstähle und Werkzeugstähle bis 1100 N/mm ²	3.1. Cementační a nitridační oceli / Case hardened steels and nitriding steels / Einsatzstähle und Nitrierstähle
		3.2. Zušlechťené oceli / Heat-treated steels / Vergütungsstähle
		3.3. Nástrojové oceli / Tool steels / Werkzeugstähle
4	Vysoce legované a zušlechťené oceli s pevností do 1400 N/mm ² / High-alloyed steels and heat-treated steels up to 1400 N/mm ² / Hochlegiertestähle und Vergütungsstähle bis 1400 N/mm ²	4.1. Vysoce legované oceli / High-alloyed steels / Hochlegiertestähle
		4.2. Zušlechťené oceli / Heat-treated steels / Vergütungsstähle
5	Nerezavějící a žáruvzdorné oceli / Stainless steels and heat resisting steels / Rostfreistähle und Hitzebeständigestähle	5.1. S pevností 450 - 800 N/mm ² / With strength 450 - 800 N/mm ² / Mit Festigkeit bis 450 - 800 N/mm ²
		5.2. S pevností 600 - 1000 N/mm ² / With strength 600 - 1000 N/mm ² / Mit Festigkeit bis 600 - 1000 N/mm ²
6	Litiny / Cast iron / Gusswerkstoffe	6.1. Šedá litina / Grey cast iron / Grauguss
		6.2. Tvárná a temperovaná litina / Spheroidal graphite cast iron and malleable cast iron / Sphäroguss und Temperguss
7	Hliník měkký / Unalloyed aluminium / Reinaluminium	7.1. Čistý hliník / Unalloyed aluminium / Reinaluminium
8	Hliník legovaný / Aluminium alloys / Aluminiumlegierungen	8.1. S obsahem Si < 10% / Si content < 10% / Si-Gehalt < 10%
		8.2. S obsahem Si > 10% / Si content > 10% / Si-Gehalt > 10%
9	Měď čistá / Unalloyed copper / Reinkupfer	9.1. Měď čistá bez přísad / Unalloyed copper / Reinkupfer
10	Slitiny mědi / Copper alloys / Kupferlegierungen	10.1. Krátká drobná tříška / Short chipping / Kurzspanend
		10.2. Dlouhá vlnutá tříška / Long chipping / Langspanend
11	Zinek / Zinc / Zink	11.1. Zinek a slitiny zinku / Zinc and zinc alloys / Zink und Zinklegierungen

Příloha 5 - 1/4

```
* Upper Turret
%
O0015
G21G80 G40G54 G18
M303
G10 L2 P1 X0.0 Y0.0 Z201.0 (Hlavní vřeteno0)
G10 T0001 X0.0 Z0.0 I0.0 K6.0
G10 T0002 X0.0 Z0.0 I0.8 K0.8
G10 T0000 X0.0 Z0.0 I0.4 K0.4
G10 T0000 X0.0 Z0.0 I0.0 K4.25
G10 T0000 X0.0 Z0.0 I0.3 K-0.3
G10 T0000 X0.0 Z0.0 I0.4 K-0.4
G10 T0000 X0.0 Z0.0 I0.4 K-0.4
G54 (D2349*12)
G0 T0001
M303
M46
M68
G97 S1000 M3
T0002
G18
G00 Z10.82 M8
G99 X0.0
G01 X0.0 Z1.0 F1.0
M11
G04 X0
Z10.0
M10
G04 X0
G49
G28 U0.0 M5 M9
G28 W0.0
(SOUSTRUŽENÍ PRAVOúHLÉ)
M0
```

Příloha 5 - 2/4

```
G54 (PCLNL-2525-M12 - GC1015)
G0 T0002
M303
M68
G96 S13 M3
T0000
G18
* Error - Speed does not lie in range for selected spindle.
G00 Z3.664 M8
G99 X22.542
G01 Z0.0 F0.3
X-2.0
Z3.414
G00 X0.0 Z4.414
X22.542
G49
G28 U0.0 M5 M9
G28 W0.0
(SOUSTRUŽENÍ NA PROFIL)
G97
G54 (SVLBL-2020-K16 - GC4015)
G0 T0000
M303
M68
G96 S545 M3
T0000
G18
G00 Z0.559 M8
G99 X20.498
X19.86
G01 X17.032 F0.3
Z0.0
X19.63 Z-0.75
G49
G28 U0.0 M5 M9
G28 W0.0
G54 (A1141*8.5)
G0 T0000
M303
M68
G96 S9999 M3
T0000
G18
* Error - Speed does not lie in range for selected spindle.
G00 X0.0 Z2.0 M8
* ERROR : Constant surface speed active for hole cycle !
G98 G74 Z-22.554 R2.0 F0.3
G49
G28 U0.0 M5 M9
G28 W0.0
M100
G97 S2000 M03
G54
M211
M51
M251
G00 A454.0
```

Příloha 5 - 3/4

M59
M259
G98 G01 A-39.0
G38 J0.0 K0.0 Q0.1 F20 (Push Check)
M210
G04
M105
M110
M80
G59
G00G28 A0
M78
(UPICHOVáNi)
M279
S9999
G54 (Údaj uživatele)
G0 T0000
M303
M68
G97 S2000 M3
T0000
G18
G00 X1800.0 Z341.0 M8
G98 X20.0
G01 X-0.351 F0.3
X2.0
Z342.176
X-0.351 Z341.0
X19.0
X-4.0
Z342.0
G00 X20.0
G49
G28 U0.0 M5 M9
G28 W0.0
(SOUSTRUŽENÍ PRAVOúHLÉ)
G54 (SVLBL-2020-K16 - GC1015)
G0 T0000
M303
M68
G96 S225 M4
T0000
G18
G00 Z339.192 M8
G99 X23.447
G01 X18.674 F0.2
Z358.0
X23.147
G00 X25.147 Z357.0
Z339.192
G01 X14.202
Z358.0
X18.674
G00 X20.674 Z357.0
Z339.192
X23.447
G49
G28 U0.0 M5 M9

Příloha 5 - 4/4

```
G28 W0.0  
(SOUSTRUŽENÍ NA PROFIL)  
G97  
G54 (SVLBR-2020-K16 - GC1015)  
G0 T0000  
M303  
M68  
G96 S225 M4  
T0001  
G18  
G00 Z339.808 M8  
G99 X11.818  
X2.828  
G01 X0.0 F0.2  
Z342.0  
X7.0  
X10.0 Z343.5  
Z352.8  
X7.914 Z354.606  
G03 X7.7 Z355.006 R0.8  
G01 Z357.2  
G03 X9.3 Z358.0 R0.8  
G01 X17.032  
X19.63 Z358.75  
G49  
G28 U0.0 M5 M9  
G28 W0.0  
M30  
%
```

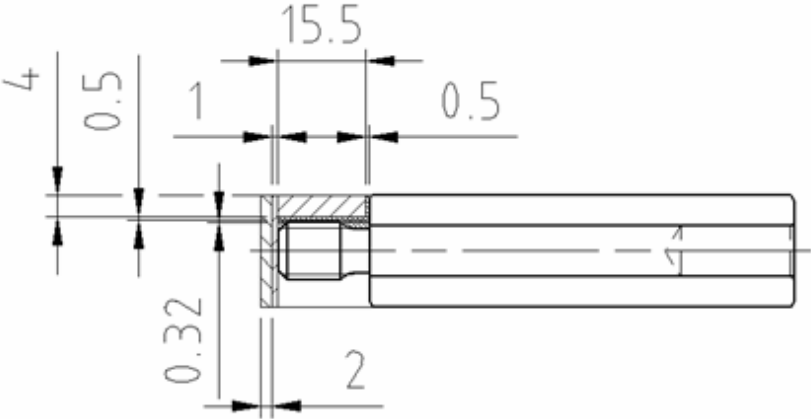
Příloha 6 - 1/3

VUT číslo, FSI - Úst Odbor obrábění	OPERÁČNÍ VÝROBNÍ NÁVODKA			NÁZEV SOUČÁSTI :	ČÍSLO SOUČÁSTI :	Operace číslo :		
				VÝZTUHA				
OPERÁČNÍ NÁČRT :								
				SLEDOVÁNÍ :		POPIS PRÁCE :		
				UPNUTO KE :	OBSLUŽUJE STROJ :	$t_{d(mg)}$	$t_{c(mg)}$	$t_{c(mg)}$
ČÍSLO PZ :	DRIVE :	NYNĚ :	DATUM :					
VYHOTOVIL :	Reňák	NÁZEV STROJE :			TRŽBOVÉ ČÍSLO PRACOVNÍSTĚ :	DLNA :		
DATUM :	3.4.2009	Tornado T6MS				soustružna		

Příloha 6 - 2/3

VUT číslo, FSI - Úst Odbor obrábění	OPERÁČNÍ VÝROBNÍ NÁVODKA			NÁZEV SOUČÁSTI :	ČÍSLO SOUČÁSTI :	Operace číslo :		
OPERÁČNÍ NÁČRT :								
				SLEDOVÁNÍ :		POPIS PRÁCE :		
				UPNUTO KE :	OBSLUŽUJE STROJ :	$t_{d(mg)}$	$t_{c(mg)}$	$t_{c(mg)}$
ČÍSLO PZ :	DRIVE :	NYNĚ :	DATUM :					
VYHOTOVIL :	Reňák	NÁZEV STROJE :			TRŽBOVÉ ČÍSLO PRACOVNÍSTĚ :	DLNA :		
DATUM :	3.4.2009							

Příloha 6 - 3/3

VUT Brno, FSI - 08T Odbor obrábění	OPERÁČNÍ VÝROBNÍ NÁVODKA	NÁZEV SOUČÁSTI :	ČÍSLO SOUČÁSTI :	Operace číslo :		
OPERÁČNÍ NÁČRT :						
		SLED :		POPIS PRÁCE :		
		UPNUTÍ Ka :	OBSLUHUE STROJ : t _{sd} [min]	t _{sc} [min]	t _{sc} [min]	
ČÍSLO PZ :	DRIVE :	NYNE :	DATUM :			
VYHOTOVIL :	Reňák	NÁZEV STROJE :		TRDIČÍ ČÍSLO PRÁCOVISTE :		DILNA :
DATUM :	3.4.2009					