

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Racionalizace obrábění uzavíracích
vřeten naftového potrubí

Rationalization of Closing Spindle Cutting
of Oil Piping

Student: Larysch Tomáš
Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaromír Adamec, Ph.D.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

podpis studenta

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Larysch, T. *Racionalizace obrábění uzavírajících vřeten naftového potrubí*. Ostrava : katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 51 s. Diplomová práce, vedoucí ADAMEC, J.

Diplomová práce se zabývá racionalizací obrábění uzavírajících vřeten pro naftový průmysl. V úvodu je proveden rozbor stávajícího způsobu výroby u vybraného představitele včetně používaných nástrojů a přípravků. Na základě znalosti stávající technologie výroby byl navržen CNC obráběcí stroj.

Pro výrobu součásti byl navržen nový průběh obrábění, vhodné nástroje a přípravky a byl zpracován řídicí program pro CNC obráběcí stroj. Vytvořený řídicí program je přílohou diplomové práce. Navržená technologie výroby byla porovnána se stávající technologií pomocí základních technicko-ekonomických ukazatelů používaných ve Strojárnách Třinec, a.s.

ANNOTATION OF THESIS

Larysch, T. *Rationalization of Cutting Closing Spindle Oil Piping*. Ostrava: Department of Working and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB - Technical University of Ostrava, 2009, 51 p. Thesis, head: ADAMEC, J.

The thesis is focused on rationalization of cutting closing spindle oil pipeline. First part of the thesis covers an analysis of existing manufacture process by chosen representative including used tools and preparations. CNC machine tool was designed on the basis of knowledge of current technology.

A new process of cutting, appropriate tools and preparations were designed for existing manufactory and the control program for CNC machine tool was processed. The formed control program is an appendix of the thesis. The designed technology of manufactory was compared with current technology by the help of basic technical-economic indicators witch were used in the Strojírny Třinec, a.s.

Seznam použitých zkratk a značek	8
1. Úvod.....	9
2. Rozbor stávající výroby	10
2.1 Výběr typového představitele	11
2.2 Popis vybraného představitele	12
2.3 Materiál součásti.....	12
2.3 Technologický postup stávající výroby:	13
2.4 Výrobní stroje	14
2.5 Výrobní nástroje	14
3. Programování NC obráběcích strojů	15
3.1 Podstata číslicového řízení	15
3.2 Informace potřebné k řízení obráběcího stroje	15
3.3 Rozdělení programování	15
3.4 Řídící NC program.....	16
3.5 Struktura NC programu	17
4. Řídící systém SINUMURIK 810D/840D	18
4.1 Obrazovka a klávesnice	18
4.2 Rozdělení obrazovky	19
4.3 Obrazovka a její popis	19
4.4 Programování řídicího systému.....	20
4.5 Funkce a příkazy řídicího systému SINUMERIK	21
4.6 Cyklus „97“ - cyklus řezání závitů	23
5. Návrh nové technologie výroby	25
5.1 Technologický postup navrhované technologie:	25
5.2 Postup navrhované technologie – soustružení	26
5.2.1 Válečkování vřetene válečkem	27
5.2 Návrh materiálu	28
5.2 Návrh stroje:	29
5.3 Návrh nástrojů:	30
5.4 Materiál vyměnitelných břitových destiček.....	33
6. Volba řezných podmínek	35
6.1 Výpočet řezných podmínek	36
7. Program obrábění.....	39
7.1 Rozbor metody „cik – cak“	39
7.2 Korekce přísluvu v jednotlivých průchodech	40

8. Celkové porovnání stávající s navrhovanou výrobou	45
9. Ekonomické zhodnocení.....	46
9.1 Porovnání stávající a navrhované technologie výroby z ekonomického hlediska	46
9.1.1 Stanovení jednicové normy spotřeby času	46
9.1.2 Stanovení normy spotřeby dávkového času	47
9.1.3 Stanovení normy spotřeby času výroby jednoho kusu	47
9.1.4 Kontrola minimální výrobní dávky	48
9.1.5 Stanovení normy spotřeby času výrobní dávky	49
9.1.6 Stanovení normy spotřeby času roční výroby	50
9.1.7 Roční úspora normy spotřeby času	50
9.2 Porovnání operativní kalkulace výroby	51
9.2.1 Hodinové sazby výroby	52
9.2.2 Náklady na výrobu jednoho kusu.....	52
9.2.3 Náklady na výrobní dávku	53
9.2.4 Náklady na roční výrobu	53
9.2.5 Nadprodukce	54
9.2.6 Vyhodnocení technicko – ekonomického propočtu	54
10. Závěr	56
Seznam použité literatury	57
Seznam příloh	58

Seznam použitých zkratk a značek

A_5	- tažnost [%]
CAM	- Computer Aided Manufacturing - systém pro počítačovou podporu výroby
CIM	- Computer Integrable Manufacturing - systém pro integrovanou
CNC	- Computerized Numerical Control - počítačový řídicí systém
DNC	- Direct Numerical Control - přímé řízení výrobního procesu
E	- modul pružnosti [GPa]
NC	- Numerical Control - číslíkový řídicí systém
PNV	- podnikový normativ výkonů
PT	- porovnání technologií [%]
PVD	- Physical Vapor Deposition - fyzikální povlakování
Re	- mez pevnosti [MPa]
R_m	- mez kluzu [MPa]
T	- trvanlivost nástroje [min]
U_{vk}	- úspora normy spotřeby času výroby na jeden kus [Kč]
VBD	- vyměnitelná břitová destička
η	- účinnost stroje
a_p	- hloubka třísky [mm]
f	- posuv [$\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$]
i	- index obrobitelnosti [-]
n	- otáčky [$\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$]
m	- hmotnost [kg]
tu	- čas upínání [Nmin]
t_{sc}	- čas cyklu obrábění [N . min]
v_c	- výsledná řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
v_{cd}	- doporučená řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

1. Úvod

V současné době roste podíl automatizace ve výrobě a zároveň roste počet číslicově řízených strojů využívaných v průmyslové praxi. To vyžaduje změnu přístupu k technické přípravě výroby a změnu organizace vůbec. Nasazení číslicově řízených strojů ve výrobě přináší nejen zvýšení produktivity a kultury práce, ale i zvýšení opakované přesnosti a také možnost obrábění tvarově složitých a v mnohých případech standardními technologiemi nevyrobitelných součástí (např.: oběžné kolo odstředivého kompresoru leteckého motoru atd.). Problematika NC strojů se historicky vyvíjela již od čtyřicátých let minulého století, kdy byla především použita ve zbrojním a později kosmickém průmyslu. Způsob technické realizace se během vývoje NC strojů do dnešní doby značně změnil, ať v oblasti konstrukce samotného stroje, tak v oblasti řízení (NC systém) i v oblasti programování NC strojů. (Oblast programování NC strojů prošla překotným vývojem od ručního programování přes generování programů pomocí výpočetní techniky se zápisem na magnetické pásky až k současné koncepci, kdy mimo ruční programování je použita výpočetní technika pro programování NC strojů.

Samotné konstrukce výrobních strojů se přizpůsobují ekologickým a estetickým požadavkům obrábění (krytování, rychlý odvod třísek). Jsou využívány integrované technologie, nové progresivní materiály umožňující obrábět za podmínek příznivějších pro uživatele (např. snížení pevnosti materiálu v místě tvorby třísky). Použití číslicově řízeného systému u moderního stroje vede ke zefektivnění výrobní činnosti a vyšší produktivitě výroby. Lidský faktor hraje vždy v celém výrobním procesu velkou roli. Ovlivňuje konečnou kvalitu obrobku, rozměrovou přesnost a opakovatelnou přesnost výroby. Přenecháním veškeré obsluhy stroje řídicímu systému dosahujeme vyšší kvality u většího počtu kusů. Využíváním stejných komponentů při stavbě řídicího systému jako u běžného osobního počítače vede k rychlejšímu zaškolení programátora do obsluhy stroje. Jednoduchost ovládání a seřízení stroje umožňuje rychlejší reakci na požadavky trhu.

Racionalizace obrábění, je nekončící proces vedoucí k hledání a nacházení nových technologických postupů na strojích s větším podílem počítačových komponentů.

2. Rozbor stávající výroby

Firma Strojírny Třinec, a.s. (dále jen STROJÍRNY) jsou stoprocentní dceřinou akciovou společností Třineckých železáren, a.s. (dále jen TŽ), které se staly v roce 1997 ještě pod starým názvem “ TŽ – strojírenská výroba “. V roce 2005 se tato firma přejmenovala na nynější jméno.

Historie vzniku firmy se datuje od roku 1885, kdy se staly Mechanické dílny údržbou TŽ. V první světové válce se jejich výroba zaměřovala především na plnění vojenských zakázek. V průběhu druhé světové války byla také nutnost rozšířit a pokrýt výrobu vojenského materiálu. V letech 1948 – 1953 byl postaven provoz Drobné kolejivo, které nyní tvoří druhý ze tří základních výrobních provozů STROJÍREN. Dalším mezníkem v její historii je rok 1970. V tomto roce se vybudoval provoz pro soustružení válců (třetí základní provoz) a Oprava vagónů. Významným datem je rok 1991, kdy vznikla Divize D3 – Strojírenská výroby. V současné době probíhá modernizace provozu Drobné kolejivo, které se chýlí ke konci a modernizace provozu Mechanických dílen, stěžejní částí této firmy. Nesmíme ani opomenout, že součástí podniku je i útvar Konstrukce, který má vlastní vývojovou dílnu.

Strojírny Třinec, a.s. je firma s dlouholetou tradicí výroby širokého spektra výrobků jako jsou technologické celky, ocelové konstrukce a haly, zařízení pro hutní provozy jako např. zařízení pro kontilití , strojní součásti, náhradní díly, hutní válce a upevňovací prvky železničního svršku - drobného kolejiva.

Výborné reference získala jak v zahraničí tak i u nás. Příkladem je jen zlomek zahraničních spoluprací: Belgická firma *Elwood Steel Belgium*, pro které vyráběli hutní pánve, *SAS Gouda bv.* - svařence technologických celků, Bosna a Hercegovina *Metalka Trade d.o.o.*, Železnice Federace Bosny i Hercegoviny, Egypt ENR - Egyptské železnice, Itálie *Nuova Sima Sud, So.Co.Fer.* a mnoho dalších.

Použité technologie, materiály a prostředky používané ve výrobě STROJÍREN jsou vybírány s ohledem na minimalizaci negativních dopadů na životní prostředí dle EN ISO 14001:2004.

Výrobní schopnost firmy STROJÍRNY se zachovává nákupem nových strojů (svislé soustružnické centrum SKIQ 16 CNC) nebo repasováním strojů doposud funkčních. Generální opravou osvědčených typů s následným osazením moderními posuvovými a řídicími systémy firma získává stroj srovnatelný se stroji stejné kategorie vyráběné v současné době.

Široká paleta výrobních možností, moderní obráběcí stroje, vybavení konstrukčních dílen moderní svařovací technikou, oprávnění ke svařování nejnáročnějších konstrukcí, pohotový přístup ke kvalitním ocelím z huti mateřské firmy vytváří předpoklady, aby Strojírny Třinec, a.s. byly schopny přežít konkurenční boj, boj o zákazníka a s úspornými opatřeními i celosvětovou finanční krizi.

2.1 Výběr typového představitele

Výběr typového představitele pro tuto diplomovou práci vyšel z výrobního programu firmy STROJÍREN, Mechanických dílen. Jde o výrobu šroubu armatury, které se bude provádět v sérii 600 kusů. V době celosvětové finanční krize je každá zakázka velmi ceněna, zvláště když se jedná o výrobek, který se vyrábí pro zahraničního, amerického zákazníka v odvětví naftového průmyslu.

Představitel, kterého jsem si vybral je součástí vrtných ropných plošin. Mořské stavby jsou nám, suchozemcům, vzdálené a tak nám uniká, že jde patrně o nejnáročnější inženýrské konstrukce druhé poloviny 20. století, které svými požadavky - především na základovou půdu - předčí visuté mosty, televizní věže i mrakodrapy. Ropa se začala v moři těžit r. 1940 (na pobřeží Louisiany v USA). Po roce 1950 těžba z moře tak vzrostla, že se dnes tímto způsobem čerpá zhruba čtvrtina veškeré ropy. Ropa a zemní plyn představují asi 90 % minerálního bohatství Atlantiku.

Jedná se o armaturu do které patří různá zařízení, jimiž se např. uzavírá potrubí, reguluje průtok proudící látky, zajišťuje se proti stoupání jiného tlaku, mění se smysl proudění, odvádí se kondenzát, odzdušňuje se a zavzdušňuje se potrubí apod. Mezi armatury tedy patří ventily, klapky, kohouty, odvaděče kondenzátu a právě zmiňované šoupátka.

Představitel mé diplomové práce je právě univerzální typ vřetene (šoupátka), které slouží jako uzavíratelný člen potrubí. Nevýhoda u těchto zařízení je velký zdvih, značná stavební výška, velké nebezpečí zadření těsnících ploch a velmi nákladné opravy. Současný vývoj armatur směřuje ke zcela novým konstrukcím, jež mají jednak nahradit dosluhující konstrukci, tak i zlepšit průtočné vlastnosti celých potrubních smyček minimalizací tlakových ztrát. V neposlední řadě pak i zvýšit bezpečnost a ekologičnost provozovaných bloků.

2.2 Popis vybraného představitele

Jedná se o univerzální typ vřetene sloužícího k uzavírání potrubí. Jeho vstupní polotovár je výkovek $\varnothing 50 \times 625$ z materiálu ČSN 17 021.0 o 600 kusů po 150 kusech ve čtvrtletních dodávkách. Vřeteno se skládá z hlavy a dřívku, kde hlava je předkována v externí firmě na požadovaný tvar. Jeho opracovaný povrch se musí smirkovat a to na drsnost Ra 0,8 s přesností na setiny. U dřívku se vyrábí americký trapézový závit $1\frac{1}{4}$ " - 5ACME - 2G - LH do délky 260mm.

Závit $1\frac{1}{4}$ " - 5ACME - 2G - LH

Jedná se o lichoběžníkový závit rovnoramenný s vrcholovým úhlem 59° používaný v USA, kde jednotlivé parametry znamenají:

- $1\frac{1}{4}$... velikost závitu
- 5 ... počet závitu na jeden palec
- ACME ... řada závitu
- 2G ... třída přesnosti závitu
- LH ... označení levého závitu

2.3 Materiál součásti

Ocel korozivzdorná chromová **ČSN 17 021.0** je vysokolegovaná konstrukční ocel je nerezavějící součásti odolávající otěru, zředěné kyselině dusičné a některým slabým organickým kyselinám.

Tab. č. 1 Chemické složení oceli

chemický prvek	Cr	C	Mn	Si	P	S
Složení [%]	13	$\leq 0,15$	0,90	$\leq 0,7$	$\leq 0,04$	$\leq 0,035$

Mechanické vlastnosti oceli:

- Mez kluzu: $R_e \geq 415$ [MPa]
- Mez pevnosti v tahu: $R_m = 590 - 740$ [MPa]
- Tažnost: $A_5 \geq 20$ [%]

- Modul pružnosti: $E \geq 130 - 219$ [GPa]
- Tvrdost: HB = 176 - 223
- Obrobitelnost: 9b

2.3 Technologický postup stávající výroby:

Pro zpracování technologického postupu jsem použil podklady z firmy STROJÍRNY TŘINEC, a.s.. K mému řešení problematiky jsem zpracoval technologický postup (Tab. č. 2), ve kterém uvádím posloupnost jednotlivých operací.

Tab. č. 2 Technologický postup stávající výroby

Č. operace	Pracoviště	Popis práce
010	0596401	Řezat na délku dle v průvodky tolerancí
020	0334100	Externě nakování hlav vřetene
030	0692100	Tepelné zpravování
050	0452400	Opracovat hotově dle výkres. dokumentace
070	0986400	Kontrola dle výkresové dokumentace
080	0941100	Uložení do palet
090	0986400	Výstupní kontrola

2.4 Výrobní stroje

Stávající výroba je prováděna na hrotovém soustruhu SU63/4000 (Obr. č. 1).



Obr. č. 1 SU63/4000

- Vzdálenost hrotů: 4000 mm
- Otáčky vřetene: 9 až 1120 min⁻¹
- Oběžný průměr nad ložem: 655 mm
- Oběžný průměr nad suportem: 390 mm
- Počet převodových stupňů: 24
- Příkon stroje: 18,5 KW

2.5 Výrobní nástroje

Stávající výroba je prováděna těmito nástroji:

- Vrták ČSN 221110 tvaru „A“ pro středící důlky
- Nože ubírací přímé ČSN 22 3710
- Závitové nože ČSN 22 3770

3. Programování NC obráběcích strojů

3.1 Podstata číslicového řízení

Při číslicově řízeném obrábění je program výroby součásti zadán stroji ve formě čísel. Aby stroj porozuměl tomuto druhu zadání jsou tyto číslice (informace) ve zvoleném kódu přeneseny na nositeli informací, což může být děrná páska, děrný štítek, magnetická páska, disketa apod. Další možnost je přenos řídicího programu z počítače přímo k řídicímu systému NC stroje tzv. DNC sítí.

Zavedením NC řízení se dosáhlo vyšší využití obráběcího stroje a možné časté střídání tvarově i rozměrově rozdílných obrobků. Při opakované výrobě je možnost jednou vypracovaný program a uložený na některém nositeli informací kdykoliv využít. Je ovšem nutno dávat pozor na změny ve výkresové dokumentaci a ty promítat do NC programů. [3]

Číslicově řízenými obráběcími stroji nazýváme stroje, nebo celá seskupení strojů jejichž pracovní cyklus je řízen pomocí číslicových obvodů nebo zařízení (Numerical Control). [2]

3.2 Informace potřebné k řízení obráběcího stroje

- Geometrické, které popisují dráhu nástroje vzhledem k obrobku.
- Technologické, které zajišťují dosažení technologických podmínek (otáčky, posuvy).
- Pomocné, které zajišťují: ovládání chladící kapaliny, zpevňování suportů nebo stolů, start vřetena v potřebném smyslu apod. [3]

3.3 Rozdělení programování

A. Rozdělení programování podle stupně automatizace zpracování vstupních informací:

1. Ruční programování
2. Přímé programování CNC systémů tzv. dílenské programování
3. Automatické (strojní) programování (APT, KOVOPROG, AUTOPROG)
4. CAD/CAM systémy => CIM [3]

B. Rozdělení programování podle zadávání souřadnic:

1. Absolutní údaje rozměrů – G90
2. Inkrementální míry – G91

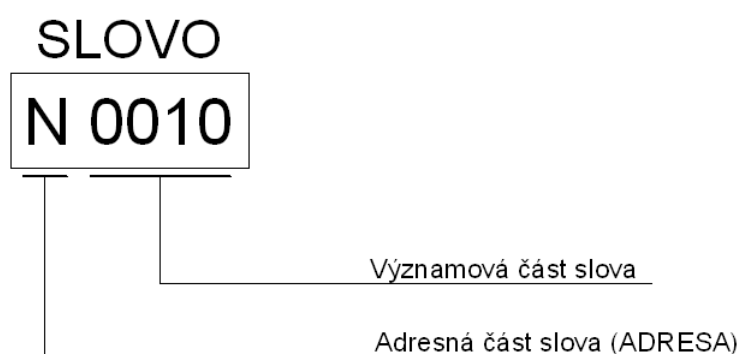
3.4 Řídící NC program

Řídící NC program je uspořádaný rozpis jednotlivých geometrických a technologických příkazů a dat v takové formě a posloupnosti, jak je vyžaduje software NC stroje.

Každý program se skládá z bloků (vět) tj. posloupnosti řádků. Každý blok (věta) se skládá z jednotlivých slov (Tab. č. 3). Slovo má významovou část, která udává číselnou velikost povelu (počet otáček, velikost posuvu, apod.) a adresnou část, která se označuje písmenem a vyjadřuje druh povelu, jako otáčky, nástroj, posuv apod. (Obr. č. 2). Slova mohou být rozměrová, která slouží k určování délky souřadnic a bezrozměrová, která vyjadřují programové funkce. [3]

Tab. č. 3 Blok se slovy

číslo bloku	Vyvolání nástroje	Souřadnice (osa)	Otáčky	posuv
N300	T 0101	Z200	S500	F0,5



Obr. č. 2 Popis slova

3.5 Struktura NC programu

Struktura NC programu je tvořena jednotlivými skupinami řídicích bloků (vět) a jejich obsah je závislý na konkrétním řídicím systému a NC obráběcím stroji. Program můžeme rozčlenit na:

- Začátek programu
- Standardní věty pro daný řídicí systém a obráběcí stroj, jako je posouvání souřadného systému, volba nulového bodu obrobku, volba pracovní roviny, apod.
- Věty pro opracování dané součásti:
 - *technologické věty* - naprogramování nástrojů, otáček, posuvů, atd.
 - *geometrické věty* - souřadnice popisující dráhu nástroje v jednotlivých řízených osách
 - *smíšené věty*
 - *cykly* - hrubovací, závitovací, pro vrtání hlubokých otvorů, pro frézování kapes různých tvarů, apod. Tyto cykly usnadňují programování a zkracují NC programy.
- Podprogramy mají stejnou strukturu jako program hlavní. Mohou být vyvolány příslušnou adresou (např. L) hlavním programem nebo jiným podprogramem. Využívají se např. pro opakované technologické rutiny.
- Konec programu

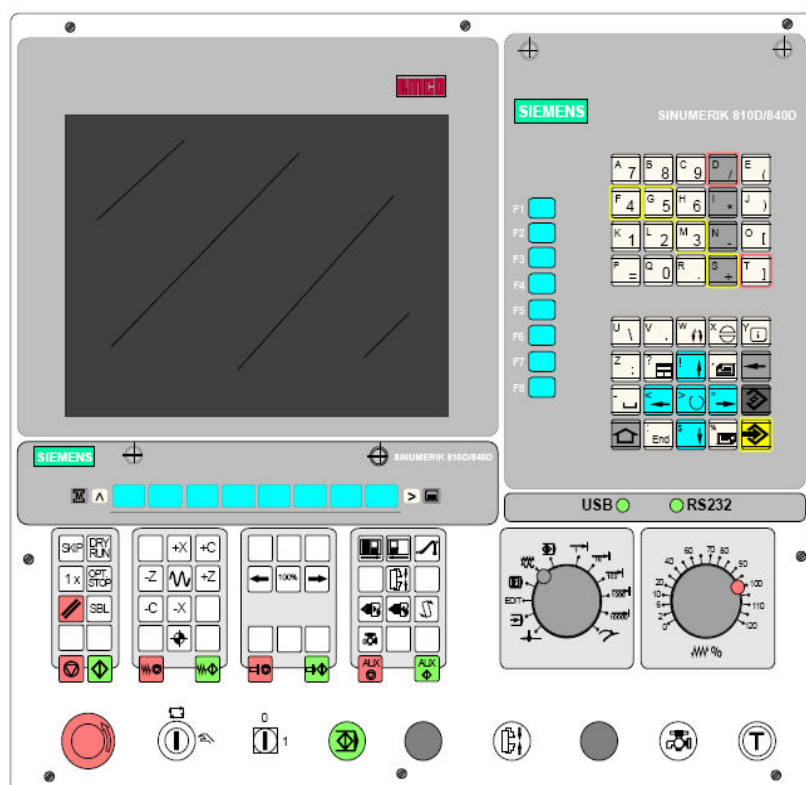
4. Řídicí systém SINUMERIK 810D/840D

SINUMERIK 810D/840D představuje plně integrované řešení CNC řízení na bázi PC. Prostřednictvím sběrnice PROFIBUS-DP umožňuje připojit široký sortiment pohonů a vstupně/výstupních jednotek do jediného decentrálního systému. Programová podpora systému (integrované strojní cykly, podpora CNC programování, možnost simulace obráběcího procesu, nástrojové hospodářství, provozní a poruchová diagnostika apod.) poskytuje efektivní nástroj pro přípravu.

Řídicí systém lze využít od jednoduchých úloh, vyžadujících pouze polohování nebo lineární interpolaci, přes řízení dřevoobráběcích strojů, manipulátorů, montážních linek až po náročné aplikace na obráběcích strojích až do počtu 16 os.

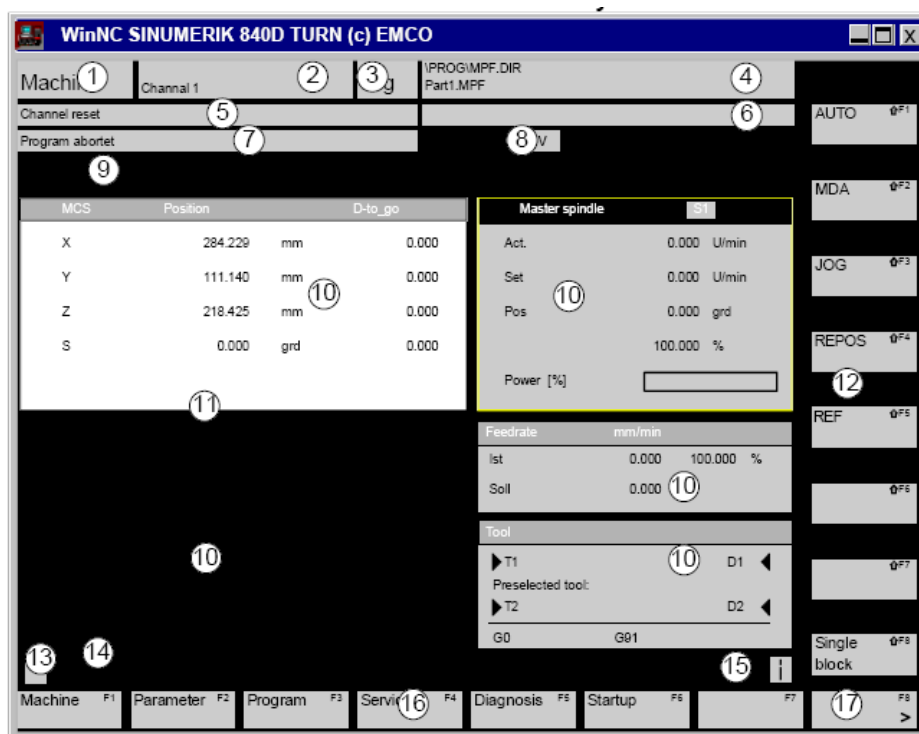
SINUMERIK 810D/840D spojuje špičkové technické parametry, vysokou provozní spolehlivost a komfort obsluhy s možností optimálního technického řešení. V kombinaci s příznivou cenou se tak stává ideálním prostředkem pro modernizace stávajícího strojního zařízení.

4.1 Obrazovka a klávesnice



Obr. č. 3 Řídicí panel

4.2 Rozdělení obrazovky

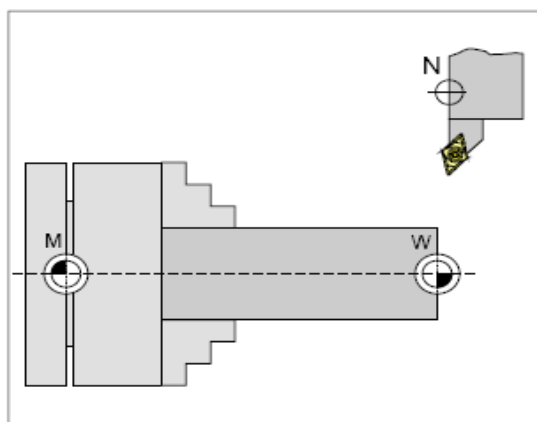


Obr. č. 4 Popis obrazovky

4.3 Obrazovka a její popis

- 1..... Ukazatel aktivní provozní oblasti
- 2.....Ukazatel aktivního kanálu
- 3.....Pracovní režim, jestliže je aktivní popracovní režim též se zobrazí
- 4..... Cesta a název navoleného programu
- 5Stav kanálu
- 6Provozní hlášení kanálu
- 7Stav programu
- 8..... Ukazatel stavu kanálu (SKIP, DRY, SBL, ...)
- 9..... Řádka alarmů a chybových hlášení
- 10.....Pracovní okno, NC-ukazatelé
- 11Zvolené okno je označeno orámováním, hlavová řádka tohoto okna je označena inverzně.
- 12..... Vertikální softtlačítka
- 14..... Dialogová řádka s pokyny pro obsluhu
- 15..... Ukáže-li se tento symbol, je tlačítko Y aktivní
- 16Horizontální softtlačítka
- 17..... Ukáže-li se tento symbol, je tlačítko > aktivní

4.4 Programování řídicího systému

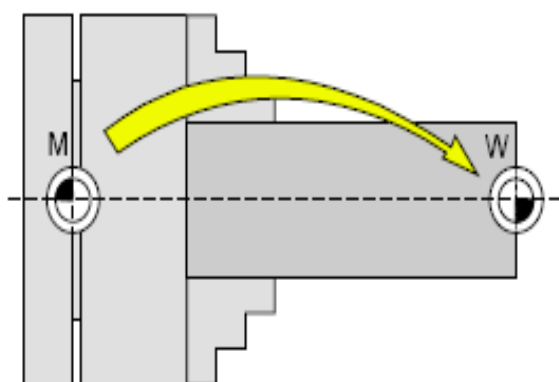


Obr. č. 5 Vztažné body

M = počátek souřadného systému stroje

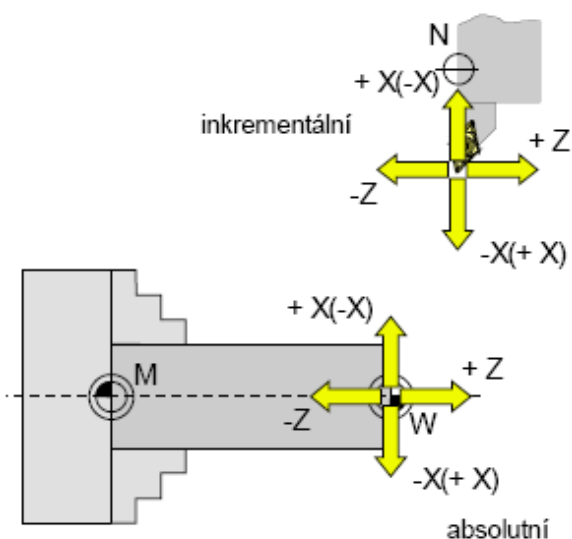
N = vztažný bod upínače nástrojů

W = nulový bod obrobku



Obr. č. 6 Posunutí nulového bodu

Počátek souřadného systému stroje "M" leží v ose soustružení na čele příruby vřetene. Jako výchozí bod pro programování je tato poloha nevhodná. Pomocí tzv. posunutí nulového bodu se souřadný systém posune na jiný vhodný bod v pracovním prostoru stroje.



Obr. č. 7 Souřadnicový systém

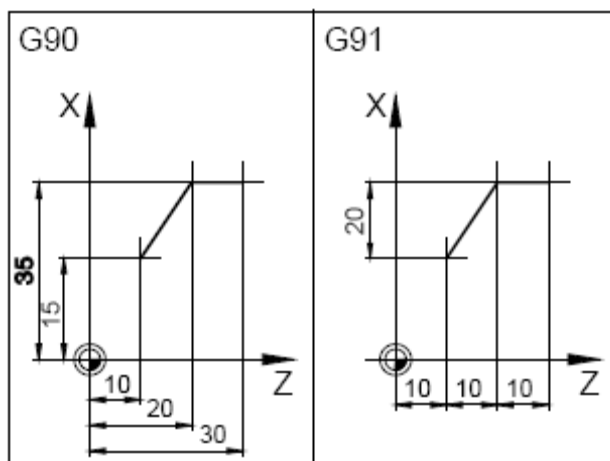
X-ová souřadnice leží ve směru příčných saní, Z-tová souřadnice leží ve směru podélných saní. Souřadnice se záporným znaménkem udávají pohyby k obráběnému materiálu, souřadnice s kladným znaménkem udávají pohyb od obráběného materiálu.

- **Souřadný systém při absolutním programování G90** (Obr. č. 8)

Počátek souřadného systému leží v nulovém bodu stroje "M" příp. v nulovém bodu obrobku "W" (je-li programováno nulové posunutí). Všechny cílové body jsou zadány vzdálenostmi v osách X a Z od počátku souřadného systému. Souřadnice v ose X jsou zadány v průměrech součásti.

- **Souřadný systém při inkrementálním programování G91** (Obr. č. 8)

Počátek souřadného systému leží ve vztažném bodu upnutého nástroje "N" příp. na špičce ostří nástroje. Při inkrementálním programování jsou zadávány skutečné dráhy pojezdu (z jednoho bodu do dalšího bodu). Souřadnice X jsou zadávány v poloměrech součásti.



Obr. č. 8 Souřadnicové systémy

4.5 Funkce a příkazy řídicího systému SINUMERIK

Tab. č. 4 Řídící G funkce (nejpoužívanější)

G - funkce	Význam funkce
G0	Rychloposuv
G1	Lineární interpolace
G2	Kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček
G3	Kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček
CIP	Kruhová interpolace pomocí středového bodu
G4	Časová prodleva
G9	Přesné zastavení nemodální
G17	Výběr pracovní roviny XY
G18	Výběr pracovní roviny XZ
G19	Výběr pracovní roviny YZ
G33	Řezání závitů - konstantní stoupání
G331	Řezání závitů závitníkem
G332	Řezání závitů závitníkem / odtažení
G60	Přesné zastavení modální

Tab. č. 4 Řídící G funkce (pokračování)

G63	Řezání závitů závitníkem bez synchronizace
G70	Programování v palcích
G71	Programování metrické
G90	Absolutní programování
G91	Inkrementální programování
G94	Posuv v $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$, $\text{palcích}\cdot\text{min}^{-1}$
G95	Posuv v $\text{mm}\cdot\text{ot}^{-1}$, $\text{palcích}\cdot\text{ot}^{-1}$
G96	Konstantní řezná rychlost
G97	Přímé programování otáček
G140	Jemný nájezd a výjezd

Tab. č. 5 Řídící M funkce (nejpoužívanější)

M - funkce	Význam funkce
M0	Programový stop
M1	Volitelný stop
M2	Konec programu
M3	Otáčky vřetene ve směru hodinových ručiček
M4	Otáčky vřetene proti směru hodinových ručiček
M5	Stop vřetene
M6	Výměna nástroje
M8	Chlazení zapnuto
M9	Chlazení vypnuto
M10	Zapnutí lunety
M11	Vypnutí lunety
M17	Konec podprogramu
M20	Koník uvolnit (koník zpět)
M21	Koník upnout (koník vpřed)
M25	Upínka / svěrák rozevřít
M26	Upínka / svěrák utáhnout
M27	Natočit dělicí přístroj
M30	Konec hlavního programu
M71	Vyfukování zapnuto
M72	Vyfukování vypnuto

Tab. č. 6 Přehled cyklů

Cykly	Význam funkce
CYKLUS 81	Vrtání, středění
CYKLUS 82	Vrtání, zahloubení
CYKLUS 83	Vrtání hlubokých otvorů
CYKLUS 84	Tuhé řezání závitů
CYKLUS 840	Řezání závitů s kompenzačním sklíčidlem
CYKLUS 85 - 89	Vyvrtávání 1 - 5
CYKLUS 93	Zapichovací (drážkovací) cyklus
CYKLUS 94	Podsoustružovací cyklus
CYKLUS 95	Hrubovací cyklus
CYKLUS 96	Cyklus pro zápichy výběhu závitů (drážky závitů)
CYKLUS 97	Zavitovací cyklus
CYKLUS 98	Zavitovací cyklus pro několik závitů v řetězci

4.6 Cyklus „97“ - cyklus řezání závitů

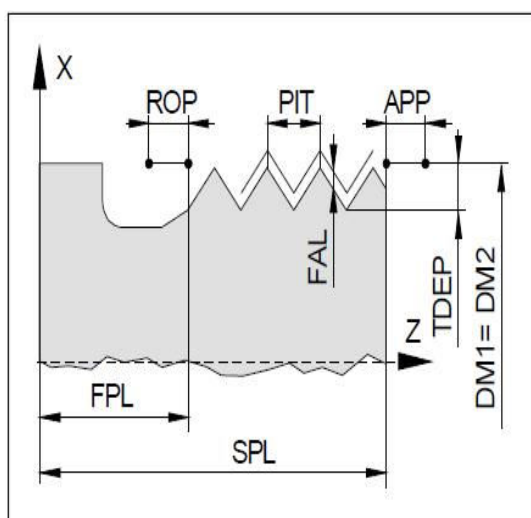
Pomocí cyklu pro řezání závitu je možno zhotovit válcové nebo kuželové, vnitřní nebo vnější závity s konstantním stoupáním. Závity mohou být jedno nebo vícechodé. U vícechodých závitů jsou jednotlivé chody zhotoveny po sobě. Pravé nebo levé závity jsou určeny směrem otáček vřetene, které jsou programovány před cyklem. Zadat je možno buď konstantní přířisuv, nebo konstantní průřez třísky.

4.6.1 Průběh cyklu:

- Najetí startovního bodu dráhy náběhu s G0.
- Přířisuv pro hrubování odpovídá hodnotě VARI. (stanoví vnitřní nebo vnější obrábění a způsob přířisuvu).
- Třísky se opakují podle zadané hodnoty NRC (počet třísek).
- Pak se provedou hladící třísky s G33 (odebrání přídavku na obrábění).
- Hladící třísky se budou opakovat dle zadané hodnoty NID(počet hladících třísek).
- Pro každý další chod závitu se bude celý průběh cyklu opakovat.

4.6.2 Parametry řezání závitů

Na obrázku č. 9 vidíme parametry, které je nutno zadat do NC programu, kde jednotlivé zkratky znamenají:

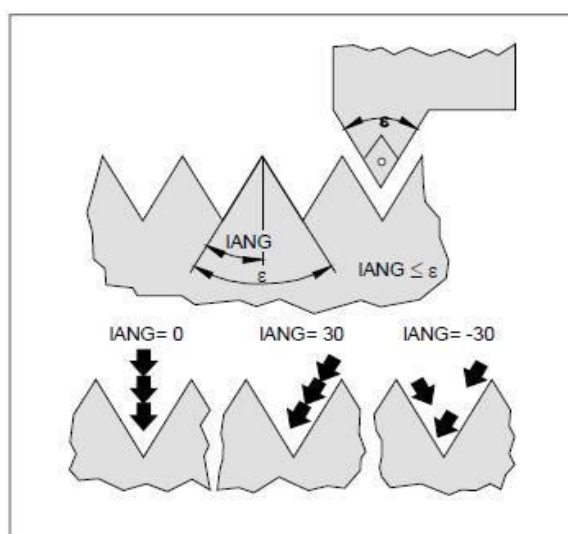


- PIT hodnota zadávající stoupání závitů, která se udává bez znaménka
- SPL a FPL ... udávají počáteční a koncový bod závitů
- APP a ROP ... náběh a výběh před a za závitem
- FAL ... přídavek na obrábění
- TDEP ... hloubka závitu

Obr. č. 9 Parametry

4.6.3 Úhel přisuvu (IANG)

Na obrázku č. 10 je zobrazen přisuv kolmý, po boku a střídavě po bocích. Při programování kolmého přisuvu se programuje $IANG = 0$. Hodnota $IANG$ u přisuvu po buku smí být maximálně polovina úhlu závitu (např. u metrického závitu je to 30°). Přisuv střídavě po bocích se programuje pomocí záporných hodnot $IANG$. Poznámka: U kuželového závitu není střídavý přisuv po bocích závitu možný.



Obr. č. 10 Úhel přisuvu

5. Návrh nové technologie výroby

Při stávající výrobě racionalizované součástí dochází k mnoha problémům:

Z hlediska konstrukce se jedná o výrobu štíhlé součásti, při níž vznikají problémové vibrace. Dodržení výrobních podmínek je rovněž náročné při opracování polotovaru. Pro nedostatečnou ochranu proti mezi krystalové korozi je nutné navrhnout materiál, který bude splňovat všechny podmínky odběratele. Velkým problémem jsou časově náročné operace na vedlejší časy. Jedná se například o manuální seřizování lunety, seřizování opěrky, náročné najíždění do závitů atd. Problémem se stává i pracné závitování, kde je nutno snížit ruční parametry, aby mohl pracovník včas vyjet a tím nepoškodil závit.

V mé navrhované technologii výroby navrhnu stroj, který z minimalizuje vedlejší časy na minimum a tuhostí celé soustavy eliminuje vibrace. Součástí racionalizace bude i návrh všech nástrojů s požadovanými mechanickými vlastnostmi, kterými nebude problém soustružit výrobek pro hrubování i dokončovací operacemi dle požadovaných výrobních podmínek. Pro náročnost výroby zahrnu časté mezioperační kontroly jak materiálu, tak přesnosti výroby (viz. technologický postup).

5.1 Technologický postup navrhované technologie:

Tab. č. 4 Technologický postup

Č. operace	Pracoviště	Popis práce
010	0986400	Pro kontrolu vřeten od vstupu materiálu a hotových výrobků platí kontrolovaný postup č. 1
020	0596401	Pro stříhaný materiál nutno oddělit počátek tyče, tak aby nezůstala střížná hrana
030	0941100	Dle potřeby jehlit a dále balit do palet
040	0986400	Kontrola a uvolnění externímu podniku pro nakování hlavy
050	0334100	Nakování hlav vřeten

Tab. č. 4 Technologický postup (pokračování)

060	0986400	Přejímka
070	0692100	Tepelně zpracovat na 200 – 240 HB max. Rovnat. Popouštět po rovnání
080	0596401	Z každé tavby řezat 20 mm pro zkoušku tvrdosti a 250 mm pro zkoušku tahem
090	0512100	Vyrobít zkušební tyče
100	0983200	Provedení zkoušek
110	0986400	Po kladném výsledku zkoušek možnost pokračovat v dalších operacích
120	0452400	Zarovnat obě čela na výkresovou délku a navrtat délku ze strany závitů
130	0452400	Opracovat hotově dle výkresové dokumentace, kontrolovat u každého kusu závitu jeho kolmost a dále kontrolovat po každém otočení destičky, dřík válečkovat na Ra 0,8
140	0986400	Kontrola dle výkresové dokumentace
150	0941100	Uložit do palet a svazkovat
160	0986400	Výstupní kontrola + označení štítkem paletu s potřebnými údaji

- Dále se budu zabývat jen operací č. 130

5.2 Postup navrhované technologie – soustružení

Nově navrhovaná technologie soustružení se bude skládat z těchto postupných operací:

1. Již zarovnané obě čela na délku 605 mm polotovaru upneme do sklíčidla NC stroje, seřídíme a začneme hrubovat dřík vřetena. Tuto operaci provedeme na 2 třísky.
2. Soustružení \varnothing 38 mm na předkované hlavě vřetene.
3. Soustružení dříku na \varnothing 31,75 mm, kontrola
4. Řezání závitu kolmým přísuvem na předepsaný rozměr s použitím lunety
 - vřeteno zapne a otáčí se ve směru hodinových ručiček (řídící funkce M03)
 - nůž řeže závit zleva doprava, tím vznikne levý závit
 - před každou třískou se před nástrojem sevře luneta, provede se řezání
 - po zhotovení části třísky se luneta odpojí a vrací se na začátek závitu, kde pokračuje až do jeho zhotovení
5. Válečkování vřetene válečkem (viz. 5.2.1)
6. Smirkování \varnothing 31,75 do hloubky 0,2 mm
7. Kontrola

5.2.1 Válečkování vřetene válečkem

Válečkování je beztřísková metoda obrábění, která zlepšuje kvalitu povrchu bez jakéhokoliv úběru materiálu. Válečkovací nástroje fungují na principu přitlačení odvalovaného tvrdého prvku k povrchu obrobku, čímž na povrchu obrobku vyvinou tlak, který překračuje mez kluzu materiálu. Takto se srovnají na povrchu soustruženého obrobku výstupky a prohlubně, čímž se povrch zhutní a stane rovnoměrným. Tato beztřísková metoda obrábění odstraňuje vady a nerovnosti povrchu s přesností na tisícinu milimetru. To vše je podtrženo jednoduchým použitím.

Výsledky práce s válečkovacími nástroji

Výsledkem válečkování je především rozměrová přesnost obrobku. Dokonalý výsledek válečkování závisí zpravidla na těchto faktorech:

- velikost tlaku nástroje na povrch obrobku;
- mechanické vlastnosti válečkovacího materiálu;
- tvar a jakost povrchu válečkovacího nástroje;
- pracovní posuv válečkovacího nástroje.

Drsnost povrchu soustruženého dílu se pohybuje kolem 3,2 Ra. Válečkovací nástroje dokážou dosáhnout drsností od 0,1 do 0,35 Ra na jedno přejetí. Na bronzu nebo hliníku lze dosáhnout Ra 0,1 - 0,15, na oceli Ra 0,15 - 0,2 a na kalené oceli Ra 0,2 - 0,4.

5.2 Návrh materiálu

Ocel korozi-vzdorná chromová **ČSN 17 346.0** má zvýšenou schopnost pasivace a vyšší odolnost proti korozi v aktivním stavu. Odolává kyselině sírové fosforečné a dalším anorganickým kyselinám a agresivním prostředím lépe než ocel ČSN 17 021. Její 13 – 15 % Cr jsou kalící teploty asi 1000 až 1050 °C. Do teploty 500°C neztrácí tato ocel při popouštění obvykle tvrdost. V rozmezí teplot 450 – 600°C se u ní projevuje popouštěcí křehkost a zmenšení odolnosti proti korozi. Proto se doporučuje popouštět buď do teploty 500°C a nebo nad 600°C. Popouštěním za nízké teploty (100 – 200°C) se dosahuje tvrdosti 55HRC. Tato ocel se také používá pro výrobu měřidel, nožů a chirurgické oceli.

Chemické složení oceli:

- C: max 0,07 [%]
- Mn: max 2,0 [%]
- Si: max 1,0 [%]
- Cr: 16,6 – 18,5 [%]
- Ni: 10,3 – 13,5 [%]
- Mo: 2,0 – 2,5 [%]
- P: max 0,045 [%]
- S: max 0,030 [%]

Mechanické vlastnosti oceli:

- Mez kluzu: $R_e \geq 226$ [MPa]
- Mez pevnosti v tahu: $R_m = 490$ [MPa]
- Tažnost: $A_5 \geq 35$ [%]
- Modul pružnosti: $E \geq 135 - 200$ [GPa]

- Tvrdost: HB = 200
- Obrobitelnost: 9b

5.2 Návrh stroje:

Navrhuji Univerzální hrotový soustruh SUA 63, 80 NUMERIC. Jedná se numericky řízený stroj, který je určen pro hrubovací a dokončovací práce hřídelových i přírubových součástí, dále pro řezání závitů, vyvrtávání, soustružení kuželů i různých tvarových rotačních ploch. Stroj má vodorovné lože tuhé konstrukce, vodící plochy lože jsou kalené a broušené, proti plochy na podélných saních jsou obloženy kluznou hmotou Turcite B z důvodu odstranění trhavých pohybů při malých posuvech. Soustruh SUA 63, 80 NUMERIC je stroj s automatickým řízením cyklu, který je možné vybavit řídicím systémem od firem Fagor, Heidenhain a Siemens. Náhon podélného posuvu - osa Z, je proveden servopohonem, přímo na kuličkový šroub. U strojů delších nad 3 500 mm točné délky je náhon proveden přes ozubený hřeben. Náhon příčného posuvu - osa X, je realizován servopohonem přímo na kuličkový šroub. Odměrování obou posuvů je provedeno rotačními snímači umístěnými na servomotorech. U strojů větších točných délek je osa Z - podélný posuv odměřována přímo, lineárním pravítkem. Stroj je možné vybavit jak ručně ovládanými nožovými hlavami, tak vícepolohovými CNC řízenými hlavami od různých firem. Dále je možné jej vybavit velkým množstvím zvláštního příslušenství i příslušenstvím konstruovaným na zakázku, které splňuje požadavky kladené na současnou technologii obrábění.



Obr. č. 11 . Soustruh SUA 63, 80 NUMERIC

Technické parametry:

- max. délka hřídele: **1250 mm**
- max. oběžný průměr nad ložem: **655 mm**
- max. oběžný průměr nad suportem: **380 mm**
- max. průměr tyčového materiálu: **100 mm**
- rozsah otáček vřetena: **5 – 1400 min⁻¹**
- výkon motoru S6 - 40%: **30 kW**
- max. krotící moment: **5 150 N.m**
- velikost sklíčidla: **400 mm**
- zdvih pinoly koníku: **150 mm**
- hmotnost stroje **4900 Kg**
- celkový příkon motoru **57kVA**

5.3 Návrh nástrojů:

Řezné nástroje významně ovlivňují dosahovanou jakost obrobených ploch. Volbou vhodných řezných nástrojů a upínacích pomůcek můžeme dosáhnout maximální rozměrové přesnosti a opakovatelnosti výroby na NC strojích [2].

Řezné nástroje musí splňovat několik kritérií:

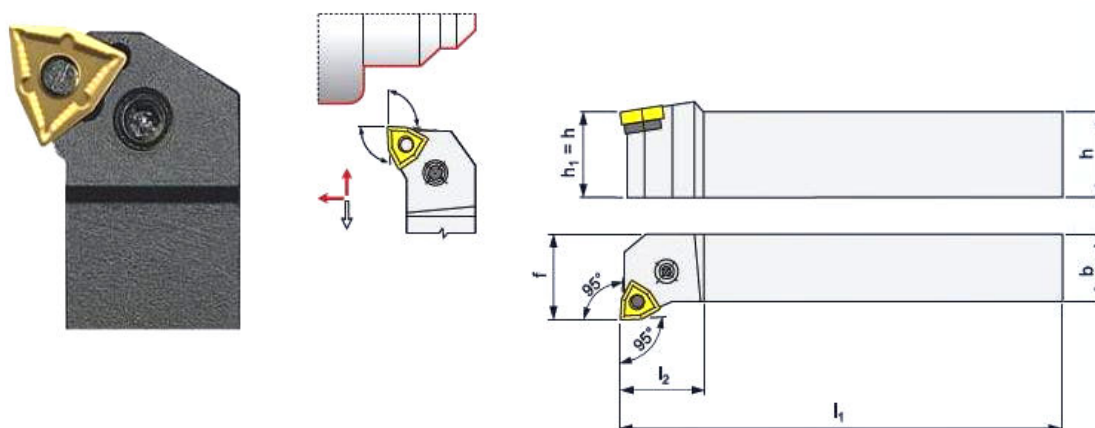
- rychlá vyměnitelnost nástroje v pracovní poloze v požadované přesnosti
- možnost seřízení mimo stroj v přípravcích
- dostatečnou statickou a dynamickou tuhost s ohledem na stroj
- vyměnitelnost držáků nástrojů pro různé typy a druhy obráběcích strojů
- spolehlivý přívod chladicí kapaliny

Pro výrobu 250 kusů vřeten navrhuji tyto nástroje:

Tab. č. 5 Přehled použitých nástrojů

	Nástroj	Destička	Materiál VBD	Operace
1.	PWLN R 2525 K0604-S	WNMG 080408E-R	6640	hrubování
2.	PWLN R 2525 K0604-S	TNMG 160408E-R	8030	na čisto
3.	NL-32-5V-6R	5VE R 6.0TR	8030	závitování

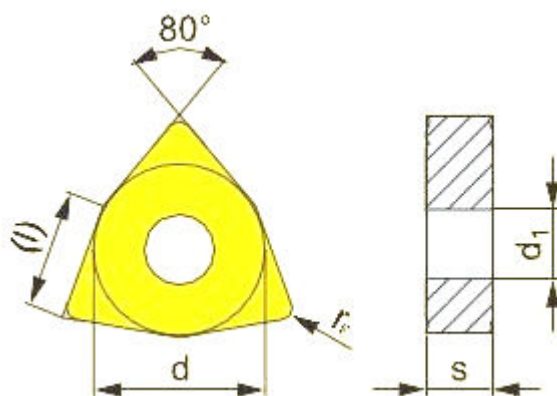
Ad 1. Nástroj (PWLNR 2525 K0604-S) a destička (WNMG 080408E-R)



Obr. č. 11 Soustružnický nůž

Tab. č. 6 Rozměry nástroje

ISO	Rozměry [mm]					hmotnost	VBD
	$h=h_1$	b	f	l_1	$l_2\max$	[kg]	WNMG 080408E-R
PWLNR 2525 K0604-S	16	16	20	100	20	0,22	

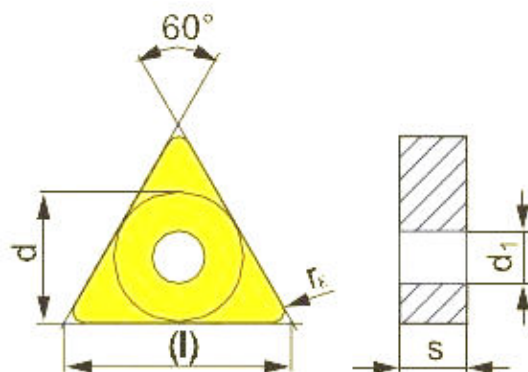


Obr. č. 12 Břitová destička

Tab. č. 7 Rozměry břitové destičky

ISO	(l)	d	d_1	S	r_ϵ	$a_{p\min}$	$a_{p\max}$	f_{\min}	f_{\max}
	[mm]							[mm.ot ⁻¹]	
WNMG 080408E-R	8,7	12,7	5,16	4,76	0,8	3	5,6	0,3	0,6

Ad 2. Nástroj (viz. ad. 1) a destička (TNMG 160408E-R)

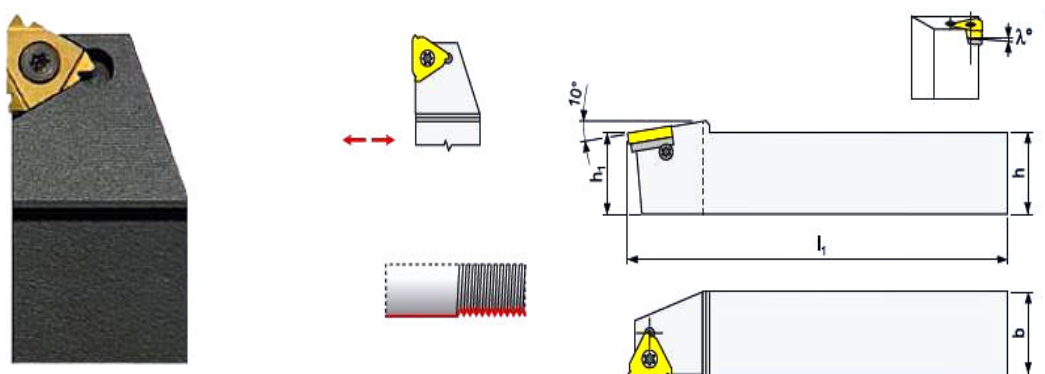


Obr. č. 13 Břitová destička

Tab. č. 8 Rozměry břitové destičky

ISO	(l)	d	d ₁	s	r _ε	a _{p min}	a _{p max}	f _{min}	f _{max}
	[mm]							[mm.ot ⁻¹]	
CCMT 060202UM	16,5	9,53	3,81	4,76	0,8	3	5,3	0,3	0,4

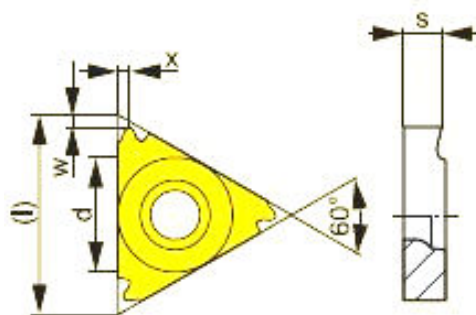
Ad 3. Nástroj (NL-32-5V-6R) a destička (5VE R 6.0TR)



Obr. č. 14 Soustružnický zapichovací nůž

Tab. č. 9 Rozměry nástroje

ISO	Rozměry [mm]			hmotnost	VBD
	h	l ₁	D _{max}	[kg]	5VE R 6.0TR
NL-32-5V-6R	32	170	32	0,35	



Obr. č. 15 Břitová destička

Tab. č. 13 Rozměry břitové destičky

ISO	l	d	e	x	s
	[mm]				
5VE R 6.0TR	27,5	15,88	33	1	6

5.4 Materiál vyměnitelných břitových destiček

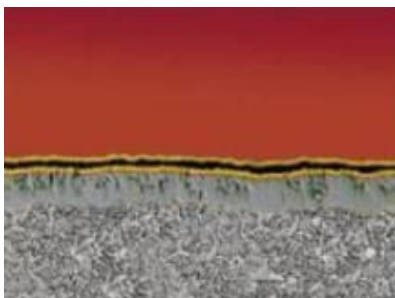
Nástrojový materiál je definován svou řezivostí. Ideální řezivost materiálu je splnění několika požadavků.

Jsou to:

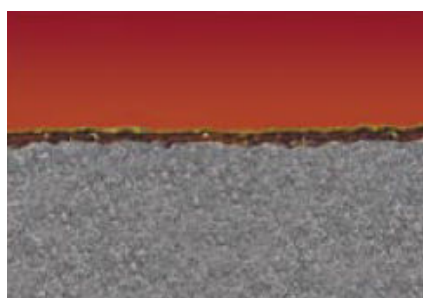
- Vysoká tvrdost a pevnost při pracovních teplotách, zajišťující potřebnou odolnost proti opotřebení a deformaci břitu
- Vysoká houževnatost, eliminující křehké porušení břitu
- Odolnost proti teplotním rázům
- Chemická stálost, zaručující odolnost proti difúzi a oxidaci [1]

Dosud nebyl vyroben nástrojový materiál s ideální řezivostí. Při vývoji nástrojových materiálů, resp. obráběcích nástrojů, představuje úprava nástrojů významný posun k ideálním řezným vlastnostem.

Pro hrubovací cykly jsem zvolil materiál vyměnitelné břitové destičky 6640 (Obr. č. 16) a pro dokončovací operace a závitování materiál 8030 (Obr. č. 17).



Obr. č. 16



Obr. č. 17

Materiál 6640

Tento substrát je bez kubických karbidů typu H s nosnou vrstvou TiCN nanesený metodou MTCVD. Používá se zejména pro hrubovací a polohrubovací obrábění s možností přerušovaných řezu.

Materiál 8030

Jedná se o submikronový substrát typu H, který má nanostrukturní povlak nanesený metodou PVD. Kombinuje dobrou otěruvzdornost s dobrou spolehlivostí. Z hlediska obráběných materiálu je velmi univerzální.

6. Volba řezných podmínek

Při volbě řezných podmínek vycházím z doporučených hodnot výrobce VBD, použitého nástroje, pracovní polohy nástroje a z **obrobitelnosti materiálu**.

Obrobitelnost je nejdůležitější vlastností materiálu, kterou můžeme definovat jako schopnost materiálu, být zpracováván jakoukoliv metodou obrábění. Tato vlastnost je závislá na mnoha faktorech:

- řezné podmínky
- metoda obrábění
- řezné prostředí
- mikrostruktura obráběného materiálu
- fyzikální a mechanické vlastnosti obráběného materiálu
- chemickém složení obráběného materiálu atd.

Obrobitelnost je vlastnost relativní! Určujeme jí porovnáním s jiným materiálem obráběným za stejných podmínek. Pro vyhodnocování jsou materiály rozdělené do 9 skupin, kde v každé skupině je vybrán vždy jeden referenční materiál a k tomu je stanovena právě relativní obrobitelnost.

Třída obrobitelnosti je dána na základě indexu obrobitelnosti. Třídy jsou označovány číslem umístěným před písmenem. Odstupňování střední hodnoty indexu obrobitelnosti je dáno kvocientem s tím, že referenční materiál má hodnotu $q = 1(1,26^0)$. Základní pravidlo je takové, že materiály s nižším číslem jsou hůře obrobitelné než s číslem vyšším.

Tab. č. 14 Třídy obrobitelnosti (výběr)

Třídy obrobitelnosti (výběr)						
Kvocient	Střed	Rozsah	litiny	oceli	těžké n. k.	lehké n. k.
1,26⁻⁵	0,32	0,29-0,35	6a	9b	6c	5d
1,26 ⁻³	0,50	0,45-0,56	8a	11b	8c	7d
1,26 ⁻¹	0,80	0,72-0,89	10a	13b	10c	9d
1,26 ⁰	1,00	0,90-1,12	11a	14b	11c	10d
1,26 ¹	1,26	1,13-1,41	12a	15b	12c	11d

Index obrobitelnosti u materiálu ČSN 17 346 je **9b**.

6.1 Výpočet řezných podmínek

Tab. č. 15 Korekční součinitel u soustružení k_{vx1}

Korekční součinitel k_{vx1} [-]	
Kůra výkovků a odlitků	0,70 – 0,80
Vnitřní soustružení	0,75 – 0,85
Přerušovaný řez	0,80 – 0,90

Tab. č. 16 Korekční součinitel k_{vx2}

Korekční součinitel k_{vx2} [-]	
Dobry stav stroje	1,05 – 1,20
Špatny stav stroje	0,85 – 0,95

Tab. č. 17 Korekce na trvanlivosti u soustružení k_{vT}

Korekce na trvanlivosti k_{vT}			
T_{min} [min]	k_{vT} [-]	T_{min} [min]	k_{vT} [-]
10	1,10	30	0,84
15	1,00	45	0,76
20	0,93	60	0,71

Tab. č. 18 Korekce na tvrdost obrobku k_{vHB}

Korekce na tvrdost obrobku k_{vHB}			
HB	k_{vHB}	HB	k_{vHB}
120	1,18	220	0,90
140	1,12	240	0,86
160	1,05	260	0,82
180	1,00	280	0,80
200	0,95	300	0,77

Soustružnický nůž PWLNR 2525 K0604-S - hrubování

- Z tabulky č. 14 je koeficient obrobiteľnosti $i_{15} = 0,32$
- Z tabulky č. 15 volím korekční součinitel 1 $k_{vx1} = 0,80$
- Z tabulky č. 16 volím korekční součinitel 2 $k_{vx2} = 1,20$
- Z tabulky č. 17 volím korekci na trvanlivosti $k_{vT} = 1$; $T_{min} = 15$ min
- Z tabulky č. 18 volím korekci na tvrdost obrobku $HB = 200$; $k_{vHB} = 0,95$
- Doporučená řezná rychlost výrobcem VBD je $v_{cd} = 85$ m.min⁻¹, což odpovídá posuvu $f = 0,40$ mm.ot⁻¹, a hloubce řezu $a_p = 5$ mm

Řezná rychlost:

$$v_c = i_{15} \cdot v_{cd} \cdot k_{vx1} \cdot k_{vx2} \cdot k_{vt} \cdot k_{vHB} = 0,32 \cdot 85 \cdot 0,80 \cdot 1,20 \cdot 1 \cdot 0,95 = 24,8m \cdot \text{min}^{-1} \quad (6.1)$$

- Volím řeznou rychlost pro nůž PWLNR 2525 K0604-S $v_c = 30$ m.min⁻¹

Soustružnický nůž PWLNR 2525 K0604-S – na čisto

- Z tabulky č. 14 je koeficient obrobiteľnosti $i_{15} = 0,32$
- Z tabulky č. 15 volím korekční součinitel 1 $k_{vx1} = 0,80$
- Z tabulky č. 16 volím korekční součinitel 2 $k_{vx2} = 1,20$
- Z tabulky č. 17 volím korekci na trvanlivosti $k_{vT} = 1$; $T_{min} = 15$ min
- Z tabulky č. 18 volím korekci na tvrdost obrobku $HB = 200$; $k_{vHB} = 0,95$
- Doporučená řezná rychlost výrobcem VBD je $v_{cd} = 110$ m.min⁻¹, což odpovídá posuvu $f = 0,10$ mm.ot⁻¹, a hloubce řezu $a_p = 1,5$ mm

Řezná rychlost:

$$v_c = i_{15} \cdot v_{cd} \cdot k_{vx1} \cdot k_{vx2} \cdot k_{vt} \cdot k_{vHB} = 0,32 \cdot 110 \cdot 0,80 \cdot 1,20 \cdot 1 \cdot 0,95 = 32m \cdot \text{min}^{-1}$$

- Volím řeznou rychlost pro nůž GLDCR/L 2020 K 03 $v_c = 35$ m.min⁻¹

Soustružnický vnější závitový nůž NL-32-5V-6R - závitování

- Z tabulky č. 14 je koeficient obrobiteľnosti $i_{15} = 0,32$
- Z tabulky č. 15 volím korekční součinitel 1 $k_{vx1} = 0,80$

- Z tabulky č. 16 volím korekční součinitel 2 $k_{vx2} = 1,20$
- Z tabulky č. 17 volím korekci na trvanlivosti $k_{vT} = 1$; $T_{min} = 15$ min
- Z tabulky č. 18 volím korekci na tvrdost obrobku $HB = 200$; $k_{vHB} = 0,95$
- Doporučená řezná rychlost výrobcem VBD je $v_{cd} = 70$ m.min⁻¹

Řezná rychlost:

$$v_c = i_{15} \cdot v_{cd} \cdot k_{vx1} \cdot k_{vx2} \cdot k_{vt} \cdot k_{vHB} = 0,32 \cdot 70 \cdot 0,80 \cdot 1,20 \cdot 1 \cdot 0,95 = 20,4 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

- **Volím** řeznou rychlost pro nůž GLDCR/L 2020 K 03 $v_c = 20$ m.min⁻¹

7. Program obrábění

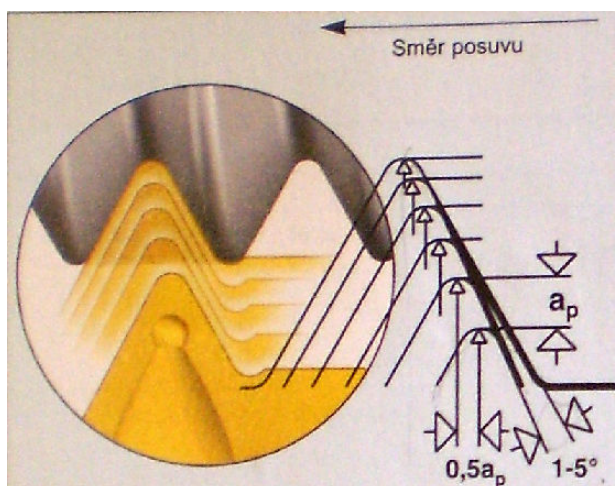
Celý program (viz. příloha 1) byl vytvořen pro program SINUMERIK 810D/840D. Program byl zpracován z výkresové dokumentace firmy Strojíren Třinec, a.s., který byl spuštěn a zkontrolován v simulačním programu SIMUTRONIK, kde byly odstraněny chyby. Simulace obrábění na obrazovce šetří čas při doladování programu do konečné podoby.

V tabulce č. 24 uvádím část programu kde ho detailně popíši. Uvedené bloky N10 až N990 popisují dráhu nástroje stranového nože PWLNR 2525 K0604-S a závitování nožem NL-32-5V-6R.

Při zkušebním řezání závitu pomocí cyklu 97 vznikly problémy a to v podobě pěchování třísek u kolmého přísluvu což způsobovalo nežádoucí jev při soustružení a tím způsobené nepřesnosti výroby. Proto jsem použil metodu ubírání materiálu střídavě po bocích, metodu „cik – cak“, kde tento problém zanikl. Dalším problémem se stalo řezání poslední třísky závitu, kde nástroj vjížděl přímo do něj. Podle všech výpočtů by se tento problém neměl vůbec vyskytovat, avšak praxe byla úplně jiná. Proto jsem navolil korekci, která zaručila požadovaný rozměrově přesný výrobek, závit.

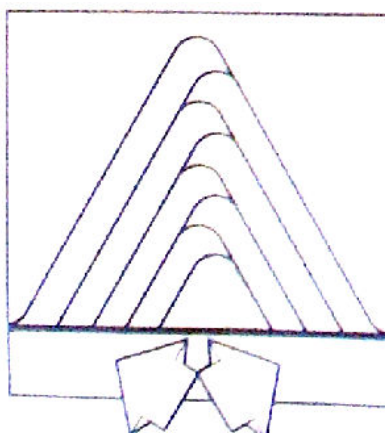
7.1 Rozbor metody „cik – cak“

Výrobu závitu jsem složil ze dvou druhů výroby: Při 1. výrobě závitů se jedná o modifikovaný boční přísluv do záběru (obr. č.18), který se dá jednoduše vypočítat jako $0,5 \times$ radiální přísluv (a_p) při vrcholovém úhlu 59° . Tím se dostane úhlu přísluvu, který je až o 5° menší než vrcholový úhel závitu.



Obr. č. 18

U druhého způsobu výroby se používá bočně-radiální přísuv do záběru, který použiji při své výrobě (viz obr. č. 19).



Obr. č. 19

Při kombinaci těchto dvou způsobů výroby nám zajišťuje mimo jiné rovnoměrné opotřebení břitové destičky, dlouhodobou životnost nástroje a hlavně pro zamezení snížení kvality povrchu nebo nadměrnému opotřebení boků v důsledku tření zadní hrany jsem zvolil úhel přísuvu 1° menší, než úhel boku závitu z prvního případu výroby. U řezání závitu a zejména kontrola utváření třísky při výrobních operacích nám odpadly problémy jako navíjení třísky kolem sklíčidel, nástrojů nebo obráběných součástek.

7.2 Korekce přísuvu v jednotlivých průchodech

Pro výpočet radiálního přísuvu do záběru je nutné zadat celkovou hloubku závitu, počet průchodů a součinitel průchodů φ . Korekce přísuvu v jednotlivých průchodech se vypočítá dle vzorce:

$$\Delta_{apx} = \frac{a_p}{\sqrt{n_{ap} - 1}} \cdot \sqrt{\varphi} \quad , \text{ kde:} \quad (7.1)$$

Δ_{apx} ... radiální přísuv do záběru

x ... skutečný průchod

a_p ... celková hloubka závitu

n_{ap} ... počet průchodů

φ ... průchod, kde 1. průchod je 0,3, 2. průchod je 1 a 3 a další průchod je $x=1$

Příklad výpočtu:**Dáno:** $a_p = 2,830 \text{ mm}$ $n_{ap} = 14$ průchodů**Výpočty:**

$$\Delta_{apx} = \frac{2,830}{\sqrt{14-1}} \cdot \sqrt{0,3} = 0,430 \text{ mm}$$

- 0,43 mm

$$\Delta_{apx} = \frac{2,830}{\sqrt{14-1}} \cdot \sqrt{1} = 0,785 \text{ mm}$$

0,785 – 0,43 = 0,355 mm

$$\Delta_{apx} = \frac{2,830}{\sqrt{14-1}} \cdot \sqrt{2} = 1,110 \text{ mm}$$

0,785 - 1,110 = - 0,325 mm

.
.
. atd.**Výsledek:** 1. průchod, přísuv**Závěr:**

Řezání závitu se provede na 14 třisek (průchodů). Vypočtená hloubky třisek se pohybuje v rozsahu 0.430, 0.785, 1.110, 1.359, 1.570, 1.755, 1.923, 2.077, 2.220, 2.355, 2.482, 2.603, 2.719, 2.830 [mm].

Při metodě ubírání materiálu střídavě po bocích, metodu „cik – cak“, jsem navrhl tyto korekce: -0.43, 0.355, -0.325, 0.249, -0.211, 0.185, -0.148, 0.154, -0.143, 0.135, -0.127, 0.121, -0.116, 0.111 [mm].

Tab. č. 19 Částečný program s popisem

MSG ("Vřetenno 3536-347 hrubování dříku ")	Zobrazení textu na obrazovku ("Vřetenno 3536-347 hrubování dříku ")
N15 DIAMON	Programování v poloměrech
N20 G54 G0 X350	Řádek, posun nastavitelné nuly, rychloposuv na souřadnice „X“
N25 G0 Z550	Rychloposuv na souřadnice
N30 M11	Vypnutí lunety
N35 T30 D1	Adresa nástroje, číslo ostří nástroje

Tab. č. 19 Částečný program s popisem (pokračování)

N40 G54 G90 G95 S750 M42 M03	<i>Řádek, posun nastavitelné nuly, absolutní programování, posuv v mm/ot, adresa vřetene, převodový stupeň 2 (vyšší řada otáček), start vřetene ve směru hodinových ručiček</i>
N45 LIMS=2200	<i>Omezení počtu otáček</i>
N50 G0 X100.0 Z608 M08	<i>Rychloposuv na souřadnice „X“ a „Z“, chlazení zapnuto</i>
N55 G0 X38.0	<i>rychloposuv na souřadnice „X“</i>
N60 G96 S75	<i>Konstantní řezná rychlost s adresou vřetene</i>
N65 G42 G1 X29.0 Z606.0 F0.4	<i>Zapnutí kompenzace poloměru nástroje vpravo, pracovní posuv na souřadnice „X“ a „Z“ s posuvem</i>
N70 G1 X39 Z601.0 F0.4	<i>Pracovní posuv na souřadnice „X“ a „Z“ s posuvem</i>
N75 G40 G0 X45.0 Z603	<i>Vypnutí kompenzace poloměru nástroje vpravo, rychloposuv na souřadnice „X“ a „Z“</i>
.	.
.	.
.	.
N130 G60	<i>Zpomalení rychlosti, přesné najetí</i>
N135 G0 X48	<i>Rychloposuv v souřadnici „X“</i>
N140 MSG ("Vřeteno 3536-347 dodělání průměru 38mm na hlavě")	<i>Zobrazení textu na obrazovku</i>
N145 T30 D2	<i>Adresa nástroje, číslo ostří nástroje</i>
N150 G41 G1 X43.774 Z45 F1	<i>Zapnutí kompenzace poloměru nástroje vlevo, pracovní posuv na souřadnice „X“ a „Z“ s posuvem</i>
N155 G4 F1	<i>Prodleva s posuvem</i>
N160 G1 X38.0 Z50.0 F0.1	<i>Pracovní posuv v souřadnici „X“ a „Z“ s posuvem</i>

Tab. č. 19 Částečný program s popisem (pokračování)

N165 G1 Z56.5	<i>Pracovní posuv v souřadnici „Z“</i>
N170 G40 G0 X42 Z60 M09	<i>Vypnutí kompenzace poloměru nástroje vpravo, rychloposuv na souřadnice „X“ a „Z“ a chlazení vypnuto</i>
N175 G0 X220 Z220	<i>Rychloposuv na souřadnice „X“ a „Z“</i>
N180 MSG ("vřeteno 3536-347 soustružení dříku na průměr 31.75mm")	<i>Zobrazení textu na obrazovku</i>
N190 DIAMON	<i>Programování v poloměrech</i>
N195 LIMS=2000	<i>Omezení počtu otáček</i>
N200 T40 D1	<i>Adresa nástroje, číslo ostří nástroje</i>
N205 G0 X100 Z520	<i>Rychloposuv na souřadnice „X“ a „Z“</i>
.	.
.	.
.	.
N260 G40 G0 X45 Z52.0 M09 M11	<i>Vypnutá kompenzace poloměru nástroje s rychloposuvem na souřadnice „X“ a „Z“, chlazení vypnuto, vypnutí lunety</i>
N265 G60 G0 X200 Z330	<i>Zpomalení rychlosti, přesné najetí a rychloposuv na souřadnice „X“ a „Z“</i>
N270 MSG ("vřeteno 3536-354 řezání závitu")	<i>Zobrazení textu na obrazovce</i>
N275 DIAMON	<i>Programování v poloměrech</i>
N280 T60 D1	<i>Adresa nástroje, číslo ostří nástroje</i>
N285 G54 G90 G95 S500 M42 M03	<i>Nastavitelné posunutí nulového bodu, absolutní programování, posuv v mm/ot., adresa vřetene , převodový stupeň 2 (vyšší řada otáček), start vřetene ve směru hodinových ručiček</i>
N290 LIMS=2000	<i>Omezení počtu otáček</i>
N295 M10 M08	<i>Zapnutí lunety zapnuta, chlazení zapnuté</i>
N300 G4 F2	<i>Prodleva s posuvem</i>
N305 G0 Z332.925 S480	<i>Rychloposuv na souřadnice „X“ a „Z“ s adresou vřetene</i>

Tab. č. 19 Částečný program s popisem (pokračování)

N310 G4 F2	<i>Prodleva s posuvem</i>
N315 G1 X38.8 Z332.842 F5	<i>Pracovní posuv na souřadnice „X“ a „Z“ s posuvem</i>
N320 G33 X30.84 Z339.917 K5.080	<i>Závit s konstantním stoupáním na souřadnice „X“ a „Z“ a adresa pro mezibod kružnice</i>
N325 G33 X30.89 Z610.917 K5.080	
N330 G33 X41.14 Z623.917 K5.080	
N335 G0 X58.0 Z624.0	<i>Rychloposuv na souřadnice „X“ a „Z“</i>
N340 G0 Z332.925 S520	<i>Rychloposuv na souřadnice „Z“ s adresou vřetene</i>
N345 G0 X47.75	<i>Rychloposuv na souřadnice „X“</i>
.	.
.	.
.	.
N915 MSG ("vřeteno 3501-347 Válečkování vřetena válečkem")	<i>Zobrazení textu na obrazovku</i>
N920 T10 D1	<i>Adresa nástroje, číslo ostří nástroje</i>
N925 G95 S1400	<i>Posuv v mm/ot. s adresou vřetene</i>
N930 G0 X40. Z60	<i>Rychloposuv na souřadnice „X“ a „Z“</i>
N935 G1 X31.75 F0.1	<i>Pracovní posuv v souřadnici „X“ s posuvem</i>
N940 G1 Z340	<i>Pracovní posuv v souřadnici „Z“</i>
N945 G0 X180	<i>Rychloposuv na souřadnice „X“</i>
N950 MSG ("Vřeteno 3536-347 smirkování průměru 31.75 -0.20")	<i>Zobrazení textu na obrazovku</i>
N955 G60 G0 X300 Z580	<i>Rychloposuv na souřadnice „X“ a „Z“</i>
N960 G95 S1400	<i>Posuv v mm/ot. s adresou vřetene</i>
N965 M0	<i>Programový stop</i>
N970 M05	<i>Vřeteno vypnuto</i>
N975 T20 D1	<i>Adresa nástroje, číslo ostří nástroje</i>
N980 G0 X37 Z580	<i>Rychloposuv na souřadnice „X“ a „Z“</i>
N985 M05	<i>Vřeteno vypnuto</i>
N990 M30	<i>Konec programu</i>

8. Celkové porovnání stávající s navrhovanou výrobou

U stávajícího způsobu výroby docházelo k vibracím vzniklé díky štíhlosti polotovaru upnutém na konvenčním stroji, na hrotovém soustruhu SU63/4000. Dalším problémem se stalo manuální najíždění do závitu, což představovalo vysoké požadavky, schopnosti a dlouholetou praxi soustružníka pro tuto práci. Hlavními nedostatky této výroby byly vedlejší časy, které zabírali až $\frac{1}{3}$ celkového času výroby. Problémy spočívali v časté seřizování opěrky pro ustavování obrobku a lunety sloužící právě k vedení delších obrobků. Při soustružení u stávající výroby byla nutnost otočit dílek, pro opracování druhé strany, což u nově navrhovaného stroje odpadá.

Zařazením soustruhu SUA 63, 80 NUMERIC se souvislým řídicím systémem a nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami s materiálu 8030 a 6640 došlo k zefektivnění celého obrábění. Hlavním předností této navrhované technologie je minimalizace vedlejších časů, což v sérii 600 kusů je veliká úspora času, který můžeme využít pro následnou výrobu a tím spojen přítok dalších financí do firmy. Při navrhované technologie jsme narazil na problém při řezání závitu. Týkalo se to jak řezání příčným přísuvem, tak vjíždění nástroje do závitu. Vše jsem vyřešil metodu ubírání materiálu střídavě po bocích sloučenou se zvoleným úhel přísuvu 1° menší, než úhel boku závitu, metodu „cik – cak“, kde tento problém zanikl s nově navrženou korekcí. Ve všech případech se navrhovaná technologie vyplatí zavést.

Stroj se souvislým číslicovým řízením navržené na obrábění šroubu pro naftový průmysl by byl dobrou volbou pro firmu Strojírny Třinec, a.s. i vzhledem širokému uplatnění stroje pro konkurenční boj, v boji o zákazníky v době celosvětové krize.

9. Ekonomické zhodnocení

9.1 Porovnání stávající a navrhované technologie výroby z ekonomického hlediska

Při porovnávání stávající a navrhované technologie výroby je zpracována dle metody stanovení spotřeby časů a metody normování výkonů, které jsou ve Strojárnách Třinec, a.s. platné pro rok 2009.

Porovnání je zpracováno v základních hodnotících ukazatelích. Porovnání norem spotřeby časů (NSČ) se stanoví na základě Podnikového normativu výkonů (PNV) pro jednotlivé profese a pracoviště. K porovnání jsou použité platné hodnoty pro NC stroje.

9.1.1 Stanovení jednicové normy spotřeby času

$$t_{AC} = t_U + t_{SC} \cdot k_{SČ} \quad (9.1.)$$

t_{AC} norma spotřeby jednicového času [Nmin]

t_U čas upínání [Nmin]

t_{SC} čas obrábění [Nmin]

$k_{SČ}$ koeficient směnového času

- čas upínání je dle PNV $t_U = 2$ Nmin
- čas obrábění navrhované technologie $t_{SC} = 25,65$ Nmin
- z PNV je stanoven pro NC stroj $k_{SČ} = 1,1$

$$t_{AC} = 2 + 25,65 \cdot 1,1 = 30,22 \text{ N min}$$

- hodnota normy jednicového času je 30,22 Nmin

Úspora normy jednicového času

$$U_{ACNT} = t_{ACST} - t_{ACNT} \quad (9.2.)$$

- norma jednicového času stávající technologie dle technologického postupu

$$t_{ACST} = 45,5N\text{min}$$

$$U_{ACNT} = 45,5 - 33,22 = 12,28N \text{ min}$$

- úspora činí u navrhované technologie 12,28 Nmin

9.1.2 Stanovení normy spotřeby dávkového času

Stávající technologie i navrhovaná technologie zahrnuje výrobu v jedné operaci. Při stávající výrobě je dávkový čas $t_{BC1} = 750$ Nmin, kdežto u navrhované technologie je $t_{BC2} = 300$ Nmin. Čas t_{BC} zahrnuje přípravu na provedení operace. Navrhovaná technologie přináší úsporu v sérii 600 kusů čas t_{BC} . avšak při spotřebě času pouze na jeden kus je zanedbatelná.

9.1.3 Stanovení normy spotřeby času výroby jednoho kusu

Jednostrojová obsluha

$$t_{VK} = \frac{t_{BC}}{DV} + t_{AC} \quad (9.3.)$$

t_{VK} norma spotřeby času výroby jednoho kusu [Nmin]

DV dávka výroby [ks].

Výpočet normy spotřeby času výroby jednoho kusu u navrhované technologie (t_{VKNT})

$$t_{VKNT} = \frac{300}{150} + 33,22$$

$$t_{VKNT} = 35,22 \text{ [Nmin]}$$

Úspora normy spotřeby času výroby na jeden kus (U_{VK}).

$$U_{VK} = t_{VKST} - t_{VKNT} \quad (9.4.)$$

$$U_{VK} = 50,5 - 35,22$$

$$U_{VK} = 15,28 \text{ [Nh]}$$

Úspora normy spotřeby času výroby na jeden kus činí $U_{VK} = 15,28$ Nh.

Porovnání technologií (PT)

$$PT = \frac{t_{VKNT}}{t_{VKST}} \cdot 100 \quad (9.5.)$$

$$PT = \frac{35,22}{50,5} \cdot 100 \cong 70 \%$$

Úspora normy času výroby se sníží na 70 % ze 100 % stávající technologie výroby.

9.1.4 Kontrola minimální výrobní dávky

Kontrolou se ověřuje minimální výrobní dávka při obsluze jednoho stroje:

$$DV_{\min} = \frac{t_{BC}}{t_{AC} \cdot k_{p2}} \quad (9.6)$$

DV_{\min} minimální velikost výrobní dávky [ks]

k_{p2} součinitel maximálně přípustných ztrát seřizováním. Jeho velikost leží pro sériovou výrobu v rozmezí 0,1 až 0,2.

Výpočet minimální výrobní dávky navrhované technologie

- pro navrhovanou výrobu volím $k_{p2} = 0,3$

$$DV_{\min} = \frac{300}{30,22 \cdot 0,15}$$

$$DV_{\min} \cong 66 \text{ [ks]}$$

Minimální výrobní dávka činí 66 Ks. Splněním této podmínky dosáhnou vyšší hospodárnost výroby.

9.1.5 Stanovení normy spotřeby času výrobní dávky

Norma spotřeby času výrobní dávky je stanovena na základě velikosti uvažované výrobní dávky.

$$t_{VD} = t_{VK} \cdot DV \quad (9.7.)$$

T_{VD} norma spotřeby času výrobní dávky [Nh]

DV výrobní dávka [ks]

Výpočet normy spotřeby času výrobní dávky navrhované technologie (t_{VDNT})

- výrobní dávka bubnu byla stanovena na 600 ks

$$t_{VDNT} = \frac{35,22 \cdot 150}{60}$$

$$t_{VD} = 88,05 \text{ Nh}$$

Norma spotřeby času výrobní dávky $t_{VD} = 88,05 \text{ Nh}$.

Úspora normy spotřeby času výrobní dávky (U_{VD})

$$U_{VD} = t_{VDST} - t_{VDNT} \quad (9.8.)$$

Výpočet úspory spotřeby času výrobní dávky navrhované technologie (t_{VDNT})

$$U_{VD} = 126,25 - 88,05$$

$$U_{VD} = 38,2 \text{ Nh}$$

Úspora spotřeby času výrobní dávky u navrhované technologie činí 38,2 Nh.

9.1.6 Stanovení normy spotřeby času roční výroby

$$t_{RV} = t_{VD} \cdot PD \quad (9.9.)$$

PD počet výrobních dávek za rok [-]

t_{RV} norma roční výroby [Nh].

Výpočet normy času roční výroby u navrhované technologie (t_{RVNT})

- uvažovaný počet výrobních dávek PD za rok bude činit 4

$$t_{RVNT} = 88,05 \cdot 4$$

$$t_{RV} = 352,2 \text{ Nh}$$

Norma času roční výroby u navrhované technologie $t_{RV} = 352,2 \text{ Nh}$.

9.1.7 Roční úspora normy spotřeby času

$$U_R = t_{RVST} - t_{RVNT} \quad (9.10.)$$

U_R roční úspora normy času [Nh]

t_{RVST} norma spotřeby času u stávající technologie [Nh]

Výpočet úspory spotřeby času roční výroby

$$U_R = 505 - 352,2$$

$$U_R = 152,8 \text{ Nh}$$

Úspora času roční výroby $U_R = 152,8 \text{ Nh}$.

Porovnání technologií

$$PT = \frac{352,2}{505} \cdot 100 = 69,74 \% \quad (9.11.)$$

Při zavedení nové technologie v jednostrojové obsluze vzniká nadprodukce 152,8 Nh, čímž norma spotřeby času klesne na 69,74 % ze 100 % stávající technologie výroby.

9.2 Porovnání operativní kalkulace výroby

Operativní kalkulací výroby se stanovují výrobní náklady (na zakázku, výrobek, díl, položku, operaci, aj.). Tyto náklady je možno vyjádřit ve výrobě zboží respektive v hrubé výrobě zboží.

Hrubá výroba zboží obsahuje:

- náklady na materiál (např. polotovary),
- jednicové výrobní náklady,
- ostatní přímé náklady (interní a externí kooperace),

Výroba zboží obsahuje jednicové náklady na výrobu. Nazýváme ji také vnitropodniková výroba zboží (součást vnitropodnikového plánování).

9.2.1 Hodinové sazby výroby

Základní hodinové sazby, platné v provozech podniku Strojírny Třinec a.s., jsou stanovené v cenách pro stroj:

SUA 63, 80 NUMERIC 500,- Kč.

Správní a odbytová režie je podnikem stanovena na 35 %.

Podniková hodinová sazba tvoří základní hodinovou sazbu navýšenou o správní a odbytovou režii.

Ceny hodinové sazby (HS) pro stroj:

SUA 63, 80 NUMERIC 675,- Kč.

9.2.2 Náklady na výrobu jednoho kusu

$$N_{ST} = t_{VKST} \cdot HS \quad (9.12.)$$

$$N_{ST} = \frac{45,5 \cdot 675}{60}$$

$$N_{ST} \cong 512 \text{ Kč}$$

$$N_{NT} = t_{VKNT} \cdot HS \quad (9.13.)$$

$$N_{ST} = \frac{30,22 \cdot 675}{60}$$

$$N_{ST} \cong 340 \text{ Kč}$$

N_{ST} náklady na výrobu jednoho kusu u stávající technologie,

N_{NT} náklady na výrobu jednoho kusu u nové technologie,

HShodinová sazba stroje [Kč].

Úspora nákladů výroby na jednoho kusu (UN)

$$U_N = N_{ST} - N_{NT} \quad (9.14.)$$

$$U_N = 512 - 340$$

$$U_N = 172 \text{ Kč}$$

Úspora nákladů na výrobu jednoho kusu činí 172 Kč.

Porovnání technologií

$$PT = \frac{N_{NT}}{N_{ST}} \cdot 100$$

$$PT = \frac{340}{512} \cdot 100$$

$$PT = 66,40 \%$$

Úspora nákladů výroby na jeden kus se sníží na 66,40 % ze 100 % stávajících nákladů.

9.2.3 Náklady na výrobní dávku

$$N_{VDST} = N_{ST} \cdot DV \quad (9.15.)$$

$$N_{VDST} = 512 \cdot 150$$

$$N_{VDST} = 76800 \text{ Kč}$$

$$N_{VDNT} = N_{NT} \cdot DV \quad (9.16.)$$

$$N_{VDNT} = 340 \cdot 150$$

$$N_{VDNT} = 51000 \text{ Kč}$$

Úspora nákladů na výrobní dávku (U_{NVD})

$$U_{NVD} = N_{VDST} - N_{VDNT}$$

$$U_{NVD} = 76800 - 51000$$

$$U_{NVD} = 25800 \text{ Kč}$$

Úspora nákladů na výrobní dávku činí 25800 Kč.

9.2.4 Náklady na roční výrobu

$$N_{RST} = N_{VDST} \cdot PD \quad (9.17.)$$

$$N_{RST} = 76800 \cdot 4$$

$$N_{RST} = 307200 \text{ Kč}$$

$$N_{RNT} = N_{VDNT} \cdot PD \quad (9.18.)$$

$$N_{RNT} = 51000 \cdot 4$$

$$N_{RNT} = 204000 \text{ Kč}$$

Úspora nákladů na roční výrobu (UR)

$$U_{NR} = N_{RST} - N_{RNT} \quad (9.19.)$$

$$U_{NR} = 307200 - 204000$$

$$U_{NR} = 103200 \text{ Kč}$$

Úspora nákladů na výrobní dávku činí 103200 Kč.

9.2.5 Nadprodukce

$$U_{NP} = U_R \cdot HS \quad (9.20.)$$

U_N nadprodukce [Kč]

$$U_{NP} = 152,8 \cdot 675$$

$$U_{NP} = 103140 \text{ Kč}$$

Použitím navrhované technologie při roční výrobní dávce 600 ks vznikla nadprodukce stroje SUA 63, 80 NUMERIC v jednostržové obsluze 103140 Kč.

9.2.6 Vyhodnocení technicko – ekonomického propočtu

Tab. č. 20 Souhrn technicko – ekonomického zhodnocení

		Stávající výroba	Navrhovaná výroba	Rozdíl	Úspora [%]
jednicový čas	[Nmin]	45,5	33,22	12,28	
čas výroby jednoho kusu	[Nmin]	50,5	35,22	15,28	
čas výroby jedné dávky	[Nh]	126,22	88,05	32,8	
čas roční výroby	[Nh]	505	352,2	152,8	30
náklady výroby jednoho kusu	[Kč]	512	314	172	
náklady výroby jedné dávky	[Kč]	76800	51000	25800	
náklady roční výroby	[Kč]	307200	204000	103200	33,5
NADPRODUKCE	[Kč]	103 140,-			

Porovnáním původní a nové technologie (viz výpočty výše) lze konstatovat, že úspora výrobních časů a s nimi spojených nákladů poklesly o zhruba jednu třetinu. Nutno podotknout, že pořizovací náklady nové technologie, zejména pak nákupu nového soustruhu SUA 63, 80 NUMERIC a dále s tím spojenou montáží, nezbytné školení pracovníků je pro podnik finančně náročnější. Avšak pro firmu Strojírny Třinec, a.s. je pořízení tohoto stroje vzhledem k jeho širokému uplatnění výhodou například pro konkurenční boj, v boji o zákazníky v době celosvětové krize.

10. Závěr

Hlavním cílem řešení této Diplomové práce byla racionalizace vřetene pro naftový průmysl s využitím CNC obráběcího stroje, návrh průběhu obrábění a vytvoření příslušného ovládacího programu pro soustruh SUA 63, 80 NUMERIC.

Ovládací program byl vytvořený v popisném dialogu SINUMERIK 810D/840D. K tvorbě programu bylo nutno provést rozbor stávající technologie výroby, která ukázala výhody navrhované technologie.

Dle technicko – ekonomického zhodnocení vyplývá, že navrhovaná technologie výroby vřetene přinese z ekonomického hlediska úsporu ve všech případech.

Navrhovaná technologie umožňuje použít výkonnějších nástrojů, prodlužuje trvanlivost nástrojů a hlavně snižuje výrobní čas. Volba stroje SUA 63, 80 NUMERIC plnohodnotně nahrazuje dosavadní výrobní stroj, který zajisté rozšíří již široké výrobní možnosti firmy Strojírny Třinec, a.s..

Na závěr děkuji panu Antonínu Byrtusovi, Tomáši Obornému a Ing. J. Adamcovi, Ph.D. za cenné rady při vypracování této Diplomové práce.

Seznam použité literatury

- [1] VLACH, Bohumil. *Technologie obrábění na číslicově řízených strojích*. Praha : SNTL Praha, 1978.
- [2] JANDEČKA, Karel a kol. *Programování NC strojů*. Plzeň: 2000.159 s. ISBN 80-7082-692-4.
- [3] ADAMEC, Jaromír; SMOLKOVÁ, Hana. *Příklady programů pro číslicově řízené obráběcí stroje*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 72 s. ISBN 80-248-0250-3.
- [4] Katalog výrobků firmy PRAMET pro rok 2008. Pramet LTD. 2008.
- [5] Firemní literatura firmy Strojírny Třinec, a.s.

Seznam příloh

Příloha 1: Řídící program pro obrábění

Příloha 2: Výrobní výkres vřetena

Příloha 3: Diplomová práce v digitální podobě na CD-ROM