

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**Racionalizace obrábění vzorků pro trhací zkoušku v podmínkách firmy  
ArcelorMittal Ostrava a.s.**

Rationalization of the Machining Test Samples for Blasting and Conditions  
of ArcelorMittal Ostrava a.s.

Student

Bc. Martin Bilík

Vedoucí diplomové práce

Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Bilík**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie

Specializace: 20 Strojírenská technologie

Téma: **Racionalizace obrábění vzorků pro trhací zkoušku v podmínkách firmy ArcelorMittal Ostrava a.s.**  
**Rationalization of the Machining Test Samples for Blasting and Conditions of ArcelorMittal Ostrava a.s.**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Teoretický rozbor daného problému.
3. Návrh řešení dané problematiky.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] KOCMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s. r. o., 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [2] VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINČIN, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
- [3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [4] HUMÁR, A. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. Brno : CCB, s.r.o. Brno, 1995. 265 s. ISBN 80-85825-10-4.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



  
Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

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

V Ostravě

18.5.2015

Podpis studenta

Bilík

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou 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 diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační 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 – diplomovou 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:

18.5.2015

Podpis: .....



Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Martin Bilík

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Vážany 133, 687 37

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

BILÍK, Martin. *Racionalizace obrábění vzorků pro trhací zkoušku v podmínkách firmy ArcelorMittal Ostrava a.s.: Diplomová práce*, Ostrava: VŠB – Technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2015, 66s. Vedoucí práce: Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Tato diplomová práce se zabývá racionalizací obrábění vzorků na soustruhu pro statickou zkoušku tahem v podmínkách firmy ArcelorMittal Ostrava a.s. Primární náplní diplomové práce je rozdělení obráběného materiálu do skupin podle tvrdosti materiálu. Zpřehlednění NC programů pro jednotlivé vzorky. Dále pak úprava stávajících a stanovení nových řezných podmínek a návrh nových vyměnitelných břitových destiček. V závěru diplomové práce je uvedeno časové techniko-ekonomické zhodnocení.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

BILÍK, Martin. *Rationalization of the Machining Test Samples for Blasting and Conditions of ArcelorMittal Ostrava a.s.: Master thesis*, Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machning and Assembly, 2015, 66s. Thesis head: Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

This master thesis deals with rationalization of the Machining Test Samples on turning for Blasting and Conditions of ArcelorMittal Ostrava a.s. Primary content of the master thesis is distribution of material to be machined into groups according to the hardness of the material. Streamline the NC programs of each samples. Modification becoming and new determination of cutting conditions. The new proposal of indexable inserts. In conclusion the master thesis is stated technical and economic evaluation.

## Obsah

1	Úvod.....	8
2	Profil společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s.....	9
3	Mechanické zkoušky.....	11
3.1	Statická zkouška tahem (trhací).....	12
3.2	Zkoušky pevnosti v tlaku, ohybu, krutu a stříhu .....	15
3.3	Dynamické zkoušky .....	16
3.4	Rázové zkoušky.....	16
3.5	Zkoušky tvrdosti .....	19
3.6	Únavové zkoušky .....	20
4	Řídicí systémy NC obráběcích strojů .....	20
4.1	Způsoby programování CNC strojů .....	21
4.2	Řídicí NC program .....	21
4.3	Struktura NC programu .....	23
5	Laboratoře ArcelorMittal Ostrava.....	25
6	Popis soustruhu .....	26
7	Řídicí systém FANUC .....	27
8	VBD používané na soustruhu ve firmě AMO.....	28
9	Současný výrobní a technologický postup s návrhem nových řezných podmínek.....	31
10	Rozdělení obráběných materiálů .....	46
11	Návrh zcela nových břitových destiček .....	46
12	Technicko-ekonomické zhodnocení.....	49
13	Závěr.....	54
14	Seznam příloh.....	55
15	Seznam použité literatury .....	65

## Přehled použitých značek a symbolů

A	Tažnost	[%]
AMO	ArcelorMittal Ostrava a.s.	[-]
AMEPO	Arcelormittal Engineering Products Ostrava S.r.o.	[-]
$a_p$	Hloubka řezu	[mm]
ASTM	Technická norma	[-]
CAD	Počítačem podporované navrhování	[-]
CAM	Počítačem podporovaná výroba	[-]
CNC	Číslicové řízení počítačem	[-]
ČSN	Označení českých technických norem	[-]
EN	Označení evropských norem	[-]
F	Síla	[N]
f	Posuv	[mm]
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci	[-]
n	Otáčky	[ot/min]
NC	Číslicové ovládání	[-]
Pa	Pascal	[N/m <sup>2</sup> ]
PLC	Programovatelný logický automat	[-]
$R_a$	Povrchová drsnost	[ $\mu$ m]
$R_m$	Pevnost v tahu	[MPa]
t	Čas	[s]
VBD	Vyměnitelná břitová destička	[-]
$v_c$	Řezná rychlost	[m/min]

# 1 Úvod

V současné době se zvyšují požadavky na jakost výroby, vyšší produktivitu práce a hlavně umět pružně reagovat na změnu poptávky trhu. Těmito důvody roste podíl automatizace ve výrobě. To vyžaduje změnu přístupu k technické přípravě výroby a změnu organizace vůbec. Řízení a automatizace strojů při použití počítačů a příslušných softwarů zvyšuje zásadním způsobem jejich technickou hodnotu. Nasazení číslicově řízených strojů ve výrobě přináší nejen zvýšení produktivity, ale i zvýšení opakované přesnosti a také možnost obrábění tvarově složitých a v mnohých případech standardními technologiemi nevyrobitelných součástí. Téměř v každém podniku jsou již takové stroje standardním vybavením.

První programované stroje, označované jako NC stroje, byly řízeny programem, který byl vyznačen na děrném štítku nebo na děrné pásce. Postupem času byly NC stroje vybavovány výpočetní technikou, což představovalo vznik CNC strojů. Výpočetní technika podstatně zjednodušila a urychlila programování, řízení stroje a uchovávání dat pro jejich opakované použití. Konstrukce výrobních strojů jsou přizpůsobovány požadavkům na obrábění. Také se využívají integrované technologie a nové progresivní materiály, umožňující obrábět za podmínek příznivějších pro uživatele. Programově řízené stroje zastanou oproti konvenčním strojům daleko více technologických operací, dochází k úspoře pracovníků a výrobních ploch.

Použití číslicově řízeného systému u moderního stroje vede k 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. Současný trend zavádění moderních počítačových technologií do řídicího systému stroje je stále větší. Využíváním moderních softwarů s využitím výpočetního výkonu komponentů osobních počítačů vede rychlejšímu zpřehlednění řídicího systému. Jednoduchost ovládání a seřízení stroje umožňuje rychlejší reakci na požadavky trhu.

Tato diplomová práce se zabývá racionalizací obrábění vzorků pro trhačí zkoušku na CNC soustruhu ve firmě ArcelorMittal a.s. V teoretické části je popsán rozbor mechanických zkoušek a řídicí systémy NC obráběcích strojů. Praktická část se zaměřuje na současný výrobní a technologický postup s návrhem nových řezných podmínek, dále na nový výrobní a technologický postup a na návrh nových břitových destiček. V závěru práce je popsáno technicko-ekonomické zhodnocení.



## 2 Profil společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s.

ArcelorMittal Ostrava a.s. (dále jen AMO) je ne největší hutní komplex v České republice a patří do největší světové ocelářské a těžařské skupiny ArcelorMittal.

Výrobní činnost společnosti je zaměřena především na výrobu a zpracování surového železa a oceli a hutní druhovýrobu.

Největší podíl hutní výroby tvoří dlouhé a ploché válcované výrobky. Strojírenská výroba produkuje z největší části důlní výztuže a silniční svodidla. Servis obslužné činnosti jsou v převážné míře zajišťovány vlastními obslužnými závody.

Roční kapacita výroby je 3 miliony tun oceli. Kromě tuzemského trhu prodává společnost své výrobky do více než 40 zemí světa. ArcelorMittal Ostrava a její dceřiné společnosti mají přes 7500 zaměstnanců. AMO vyrábí železo a ocel v souladu s veškerou ekologickou legislativou. Již dnes splňuje emisní limity EU, které určuje nejlepší dostupná technika (BAT). Jediným akcionářem je ArcelorMittal Holdings A. G.

Společnost AMO lze rozdělit do několika závodů, z nichž nejdůležitější jsou:

Závod Koksovna je největším výrobcem koksu v České republice. Dvě koksárenské baterie s pěchovaným provozem a velkoprostorová koksárenská baterie se sypaným provozem mají roční produkci cca 1,5 milionu tun koksu.

Závod Vysoké pece disponuje čtyřmi vysokými pecemi. Obvykle je pro naplnění požadavků odběratelů surového železa dostatečný provoz tří vysokých pecí s roční kapacitou výroby přes 3 miliony tun surového železa.

Závod Ocelárna je největším výrobcem oceli v České republice. Ocel se vyrábí kyslíkovým pochodem ve čtyřech tandemových pecích s roční produkcí přes 3 miliony tun. Po odpichu se ocel dohotovuje na cílové parametry pro lití na pánvových pecích. Dále se tekutá ocel odlévá v sekvencích třech zařízeních ZPO do sochorů, bram či bramek.

Závod Válcovny vyrábí a dodává dlouhé a ploché válcované výrobky určené pro stavby a konstrukce na tuzemském i zahraničním trhu. Hotovní tratě prezentují dbě profilové tratě, jedna pásová a drátová trať, které zajišťují široký sortiment profilů, pásů a drátů.

ArcelorMittal Tubular Products Ostrava a.s. je největším výrobcem trubek v České republice. Nosným výrobním programem závodu jsou bezešvé trubky válcované na dvou tratích Stiefel v provedení trubek hladkých, závitových, přírubových a olejářských. Trubky jsou vyráběny pouze z plynule odlévaných předlitků.

AMO je dynamicky se rozvíjející společnost, která významnou měrou přispívá k zaměstnanosti a sociálnímu klidu v ostravském regionu. Dále se snaží o budování pozitivních vztahů s vlastními zaměstnanci, s laickou i odbornou veřejností, s městem Ostrava, ostravským regionem, Moravskoslezským krajem a Českou republikou. Společnost AMO podporuje sportovní, kulturní a společenský život nejen v regionu, ale i v celé České republice. S jménem AMO jsou již tradičně úzce spjaty koncerty Janáčkovy filharmonie Ostrava, charitativní akce či řada sportovních událostí a turnajů. [5]

### 3 Mechanické zkoušky

Při mechanických zkouškách se vytváří v materiálu určité napětí, které se stupňuje až do porušení zkušební vzorku. Pojem napětí označujeme sílu působící na plošnou jednotku zkoušeného tělesa. Pro mechanické napětí i pro tlak se používá jednotka pascal ( $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$ ) a její násobky.

Mechanickými zkouškami získáváme podklady, které jsou důležité pro ověření mechanických vlastností dodávaného materiálu. Ke zkouškám používáme zvláštní zkušební zařízení a zkoušky provádíme jednotným způsobem, předepsaným ČSN. [1]

Podle působení síly na zkušební těleso rozdělujeme mechanické zkoušky takto:

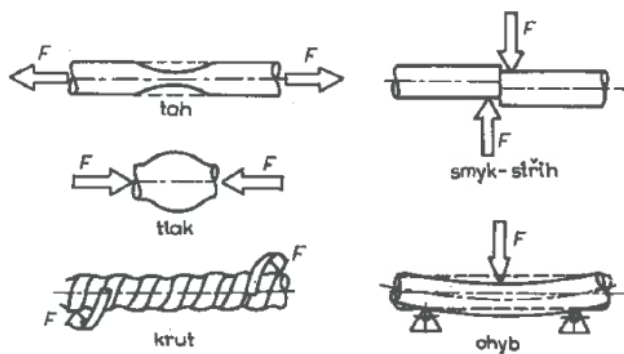
#### **Statické zkoušky:**

Při nichž se zatížení zvětšuje pozvolna. Působí obvykle v minutách, při dlouhodobých zkouškách dny až roky. [1]

#### **Dynamické zkoušky:**

Rázové a cyklické, při kterých působí síla nárazově po zlomek sekundy. Při cyklických zkouškách (tzv. zkoušky na únavu materiálu) se proměnné zatížení opakuje i mnoha cykly za sekundu až do mnoha milionu jejich počtu.

Podle teplot, při kterých zkoušky provádíme, je dělíme na zkoušky za normálních, vysokých a nízkých teplot. [1]

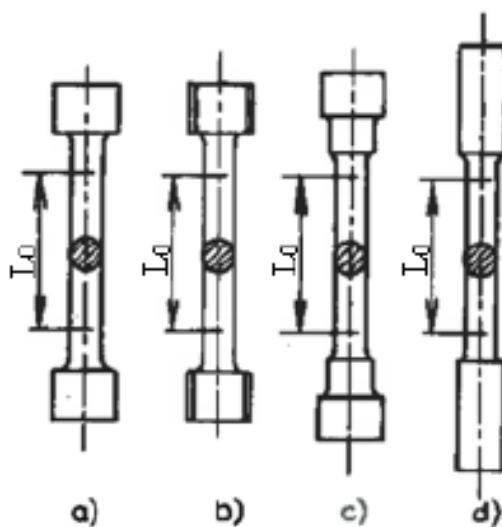


Obr. 1 Základní druhy namáhání materiálu [2]

Základem mechanických zkoušek jsou zkoušky pevnosti. Podle způsobu působení zatěžující síly rozdělujeme tyto zkoušky na zkoušky pevnosti v tahu, tlaku, ohybu, krutu a stříhu. Aby se výsledky zkoušek daly reprodukovat, jsou jejich podmínky zcela přesně dány. Například tahová zkouška bývá prováděna na určitém tvaru zkušební tyče, určitou rychlostí zatěžování, u zkoušek na únavu se přepisuje určitý sled zatěžování. [1]

### 3.1 Statická zkouška tahem (trhací)

Je to jedna ze základních zkoušek. Je nutná téměř u všech technických materiálů, protože z ní získáme některé základní hodnoty potřebné pro výpočet konstrukčních prvků a volbu vhodného materiálu. Při zkoušce se v trhacím stroji zatěžuje zkušební tyč normalizovaného tvaru a velikosti (obr.2), pomalu vzrůstající silou  $F$  až do porušení. [1]



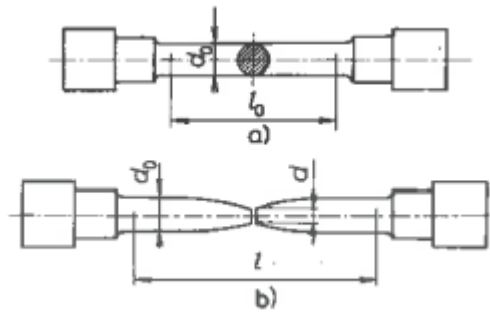
Obr. 2 Zkušební tyče kruhového průřezu [2]

Těleso zkušební tyče se nejčastěji získává obrobením vzorku z výrobku, vylisku nebo odlitku. V některých případech se výrobky smí zkoušet, aniž by museli být obrobeny. Profil zkušebních těles může být kruhový, čtvercový, obdélníkový, prstencový nebo i jiného tvaru, pokud se jedná o zvláštní případ. [1]

V provozu firmy ArcelorMittal Ostrava a.s. pro kterou je v této práci navrhována racionalizace při obrábění vzorků pro trhací zkoušku, je předepsaný tvar normou ISO 6892-1 a ČSN EN ISO 377.

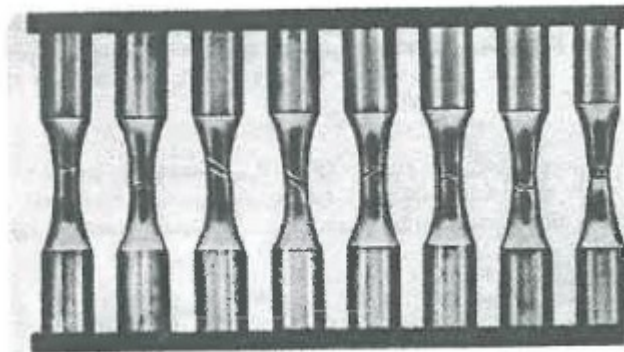
Tato norma specifikuje metodu provádění tahových zkoušek za okolní teploty a definuje vlastnosti, které mohou být z této zkoušky určeny. Zkouška spočívá v deformaci zkušební tělesa tahovým zatížením, obvykle do lomu, za účelem stanovení jedné nebo více mechanických vlastností v normě definovaných. Je diskutována příprava zkušebních těles odebíraných z různých polotovarů a výrobků. Jsou specifikovány jejich tvary a rozměry, včetně podmínek jejich výroby. Norma definuje podmínky nutné ke správnému provedení zkoušky, zejména pak nastavení a volbu definovaných zkušebních rychlostí vyjádřených jako rychlost přírůstku smluvního napětí nebo rychlost deformační. Jsou uvedeny postupy stanovení základních mechanických vlastností zjišťovaných tahovou zkouškou. Je uveden souhrn všech nutných parametrů, které musí obsahovat zkušební protokol. Přílohy popisují podmínky softwarového stanovení vybraných mechanických vlastností určovaných tahovou zkouškou, podrobnosti týkající se přípravy zkušebních tyčí odebraných z různých druhů výrobků, odhad rychlosti posuvu příčnicku zvažující pružnou poddajnost zkušebního stroje, metodu stanovení tažnosti pro případy, že nedosahuje 5 %, měření tažnosti vycházející z rozdělení počáteční měřené délky, stanovení plastického prodloužení v procentech bez tvorby krčku u dlouhých výrobků, stanovení nejistot při tahovém zkoušení a všeobecný rozbor přesnosti tahového zkoušení. [3]

Abychom mohli měřit prodloužení zkušební tyče po přetržení, vyznačíme na ní před zkouškou rysky (Obr.3).



Obr.3 Zkušební tyče a) před zkouškou b) po zkoušce [2]

Trhací zkouškou se zjišťuje pevnost v tahu, poměrné prodloužení, tažnost a zúžení (kontrakce) zkoušeného materiálu (obr.4).



Obr.4 Zkušební tyče po zkoušce [2]

Pevnost v tahu (mez pevnosti v tahu)  $R_m$  je smluvní hodnota napětí daného podílem největší zatěžující síly  $F$ , kterou snese zkušební tyč a původního průřezu tyče  $S_0$ :

$$R_m = \frac{F_{\max}}{S_0} \quad [\text{MPa}] \quad (2)$$

Tažnost  $A$  je poměrné trvalé prodloužení vyjádřené v procentech délky:

$$A = \frac{l-l_0}{l_0} \cdot 100 [\%] \quad (3)$$

Zkoušky tahem se dělají na různých zkušebních strojích, které jsou buď jednoúčelové (pro jeden druh zkoušek), nebo univerzální (pomocí vhodných přípravků lze provádět různé druhy zkoušek). Každý zkušební stroj se skládá z ústrojí zatěžovacího, upínacího a měřicího. Zkušební tyče pro zkoušku pevnosti v tahu se upínají do upínacích čelistí. Zapisovací zařízení stroje kreslí v průběhu trhací zkoušky pracovní diagram, udávající zatížení v jednotkách síly. [2]

### 3.2 Zkoušky pevnosti v tlaku, ohybu, krutu a stříhu

Zkouška tlakem je používána méně často (např. u litiny, keramických a stavebních hmot apod.) U oceli se obvykle nedělá. Zkušební tělesa – válečky o průměru 20 až 30 mm a stejné výšky – jsou postupně zatěžovány, až se rozdrťí (u křehkých materiálů) nebo stlačí na stanovenou hodnotu. Zkušební tělesa z betonu, dřeva apod. mají tvar krychle. [2]

Zkouška ohybem se používá u materiálů křehkých, hlavně litých, např. u šedé litiny. U houževnatých materiálů k porušení zkušební tyče nedojde.

Zkouška krutem slouží ke zjišťování jakosti drátů za studena (zkouška drátů kroucením). Zkouškou za tepla se určuje kujnost oceli. Zkouška se dělá většinou na válcových zkušebních tyčích, které se ve zkušebním stroji zatěžují až do porušení. Měří se příslušný krouticí moment a zkroucení tyče na určité měřené délce. [2]

Zkouška stříhem. Obvykle se provádí v přípravku na universálním zkušebním stroji. Ze zatížení, při kterém se zkušební tyč poruší, a z původní plochy průřezu se vypočítá mez pevnosti ve stříhu. [2]

### 3.3 Dynamické zkoušky

V praxi jsou strojní součásti jen zřídka zatěžovány výhradně stálým či zvolna a plynule se měnícími silami, které charakterizují statické namáhání. Častěji rostou zatěžující síly skokem nebo se opakovaně rychle mění a součást je vystavena působení velkého počtu těchto změn. Jde o namáhání dynamické. V prvním případě mluvíme o namáhání rázovém a v druhém případě cyklickém. Při dynamickém namáhání dochází často k náhlým poruchám soudržnosti materiálu, i když zatěžující síly nedosahují jeho statické pevnosti.

Účelem dynamických zkoušek při rázovém namáhání – rázových zkoušek – a při cyklickém namáhání – únavových zkoušek – je proto stanovení vlastností materiálu při působení dynamických sil. [4]

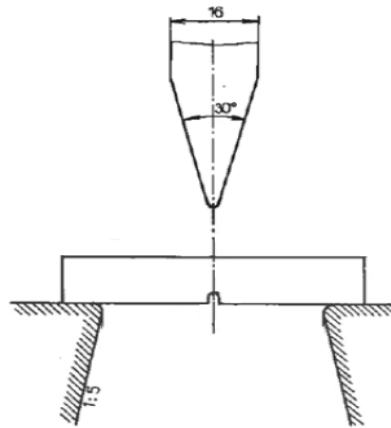
### 3.4 Rázové zkoušky

Rázové zkoušky slouží ke zjištění, kolik práce nebo energie se spotřebuje na porušení zkušební tyče. Rázem lze zkoušet pevnost v tahu, tlaku, ohybu nebo krutu.

Zkouška rázem v ohybu (Obr. 5) je ze všech nejpoužívanější a je dobrým ukazatelem houževnatosti nebo křehkosti materiálu. Nejběžnější je zkouška vrubové houževnatosti.

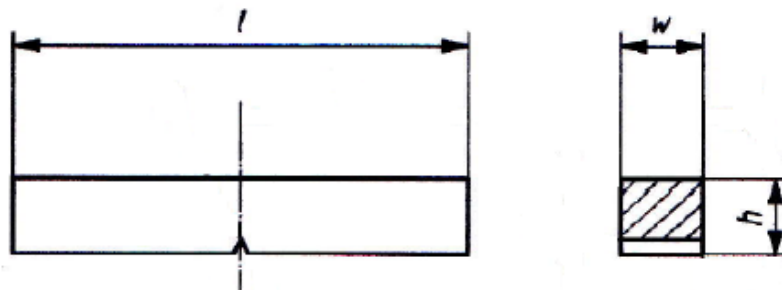
Zkušební tyč normalizovaného tvaru a velikosti se přerazí jediným rázem padajícího kyvadlového kladiva. Vzhledem k houževnatosti oceli by někdy nedošlo k přeražení zkušebního tělesa, ale pouze k jeho plastické deformaci. Proto zkušební tyče opatřují vrubem. U nás se používají tyče s vrubem hloubky 2 až 3 mm. [4]



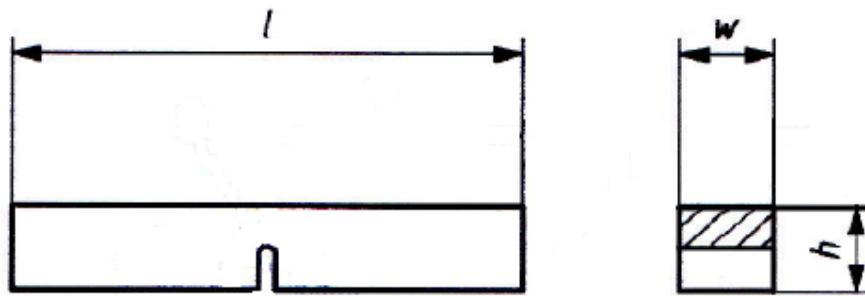


Obr.5 Uložení tyče při zkoušce rázem [4]

Standardní zkušební těleso (obr. 6 a 7) pro zkoušku vrubové houževnatosti, neboli jak je uvedeno v normě ČSN 42 0381 (Tabulka č.1) – zkoušku rázem v ohybu metodou Charpy, musí mít délku 55 mm a čtvercový průřez o stranách 10 mm. Vrub musí být ve středu délky tělesa a to buď ve tvaru V, nebo U. Jestliže není možné z materiálu vyrobit standardní zkušební těleso, použije se jedno z náhradních zkušebních těles o šířce 7,4 mm, 5 mm nebo 2,5 mm. Povrchová drsnost tělesa musí být lepší než  $R_a = 5 \mu\text{m}$  s výjimkou konců tělesa. [4]



Obr. 6 Geometrie tělesa s V- vrubem [4]

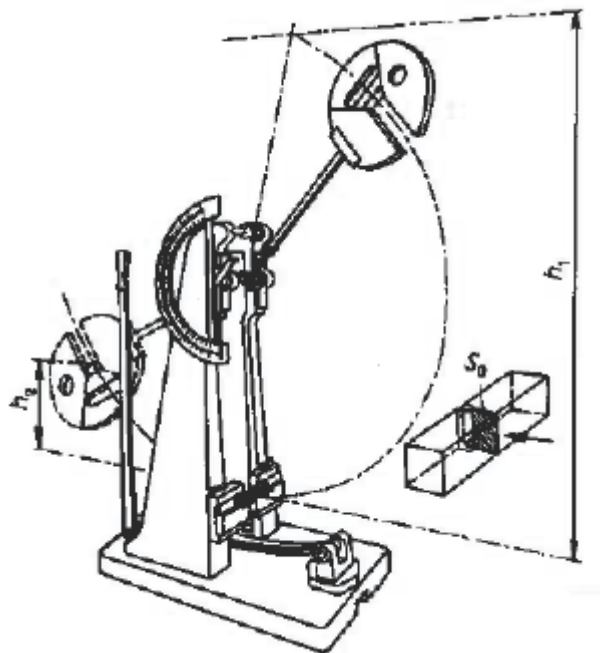


Obr. 7 Geometrie tělesa s U – vrubem [4]

Tabulka č.1: Mezní úchytky označených rozměrů zkušebních těles [4]

Označení	Značka a číslo	Zkušební těleso s V-vrubem			Zkušební těleso s U-vrubem		
		Jmenovitý rozměr [mm]	Výrobní tolerance		Jmenovitý rozměr	Výrobní tolerance	
			+/- [mm]	Třída tolerance (v souladu s ISO 286-1)		+/- [mm]	Třída tolerance (v souladu s ISO 286-1)
Délka	$l$	55	0,6	js15	55	0,6	js15
výška	$h$	10	0,075	js12	10	0,11	js12
šířka	$w$				10		
standardní těleso		10	0,11	js13		0,11	js13
zkušební těleso redukovaného průřezu		7,5	0,11	js13	-	-	-
zkušební těleso redukovaného průřezu		5	0,06	js12	-	-	-
zkušební těleso redukovaného průřezu		2,5	0,05	js12	-	-	-

Stroje k vyvození rázového namáhání v ohybu se nazývají kyvadlová kladiva a patří k nejjednodušším zkušebním strojům. Na obr. 8 je Charpyho kyvadlové kladivo. Před začátkem zkoušky se kladivo vyzvedne do určité výšky a zajistí se zarážkou. Po uvolnění zarážky padá, přerazí zkušební tyč a vychýlí se na druhou stranu do konečné polohy. Vlečná ručička (u Charpyho kladiva), která je unášena padajícím kladivem se zastaví v místě největší konečné polohy kladiva a nevrací se již zpět. Na stupnici se přímo ukáže množství práce spotřebované na přeražení zkušební tyče. [4]



Obr.8 Charpyho kladivo [2]

### 3.5 Zkoušky tvrdosti

Měření tvrdosti je velmi rozšířenou laboratorní i provozní zkouškou, používanou ke kontrole a zkoušení materiálu. Má proti ostatním zkouškám řadu výhod, jako například rychlost a jednoduchost provedení, možnost zkoušení i hotových součástí bez jejich znehodnocení apod. Podle hodnoty tvrdosti lze usuzovat další mechanické vlastnosti materiálu, například pevnost v tahu či mez kluzu. Metod pro zjišťování tvrdosti je mnoho. Nejčastější jsou vrypové, vnikací a odrazové.

### 3.6 Únavové zkoušky

Únavový lom může vzniknout opakovaným namáháním v tahu, tlaku, ohybu, krutu, popř. jejich kombinací. Ukazuje se, že nebezpečí únavového lomu existuje jen po překročení určité hodnoty napětí, kterému říkáme mez únavy. Je to tedy největší výkmit napětí, který materiál vydrží teoreticky po nekonečný počet cyklů, aniž se poruší.

Při určování meze únavy se zjišťuje počet cyklů, vedoucích k lomu zkušební tyče při různých napětích. Počet cyklů, po nichž tyč praskne, s klesajícím napětím vzrůstá. Pro měření meze únavy je tedy třeba provést zkoušku na několika zkušebních tyčích, obvykle nejméně na šesti. Ke zkouškám se používají speciální zkušební stroje, u nichž jde vyvodit cyklická namáhání, jako jsou střídavý tah, tlak, střídavý ohyb, ohyb za rotace, střídavý krut. [2]

## 4 Řídicí systémy NC obráběcích strojů

V současné době jsou obráběcí stroje vybavovány číslicovými řídicími systémy (dále jen ŘS), které do jisté míry nahrazují člověka při řízení řezného procesu.

Moderní CNC řízení dnes komplexně řeší nejen vlastní ovládání stroje jako celku, ale i snadné naprogramování dílce, kontrolu řezného procesu i diagnostiku provozních stavů.

NC systém chápeme jako číslicové řízení, které provádí řízení na základě číslicové (čísla, znaky) informace, která je do systému zadaná formou NC programu na papírovém, magnetickém či jiném médiu. NC řídicí systémy prošly během použití překotným vývojem od systému první generace založených na reléových a elektronkových obvodech a mikroprocesorech k NC systémům třetí generace – CNC.

CNC systémy jsou systémy řízené počítačem, jsou charakteristické modulární strukturou, velkou operační pamětí i použitím pevného disku (HDD – Hard disk) pro ukládání programu atd. Tyto systémy jsou vybaveny softwarem (SW) na vysoké úrovni, který umožňuje programování pomocí cyklu, podprogramu i dialogových režimů. [6]

## 4.1 Způsoby programování CNC strojů

Programování CNC strojů lze rozdělit na 3 způsoby.

### Ruční programování:

Jedná se o způsob programování, kdy technolog napíše celý NC program (většinou psaní pomocí ISO kódu) podle 2D výrobního výkresu na externím počítači odděleného od obráběcího stroje. Je to velmi zdoluhavé a hrozí reálná možnost velké pravděpodobnosti výskytu možných chyb, zapříčiněných lidským faktorem.

### Dílenské programování:

Dílenské programování je prováděno přímo na obráběcím stroji a program je vytvářen přímo v řídicím systému. Je vhodné pro programování méně složitých součástí. Výhodou je přímá úprava a odladění programu na základě zadaných informací. Program může upravovat a vytvářet i obsluha stroje. V podstatě se nejedná přímo o NC kód, ale o pracovní technologické postupy, kde jsou jednotlivé operace.

### Programování v CAD/CAM systémech:

Jedná se o programování za podpory CAM software, které dokáže součásti plně vizualizovat ve 3D modelech a vytvořit rychle a konformně požadovaný NC program.

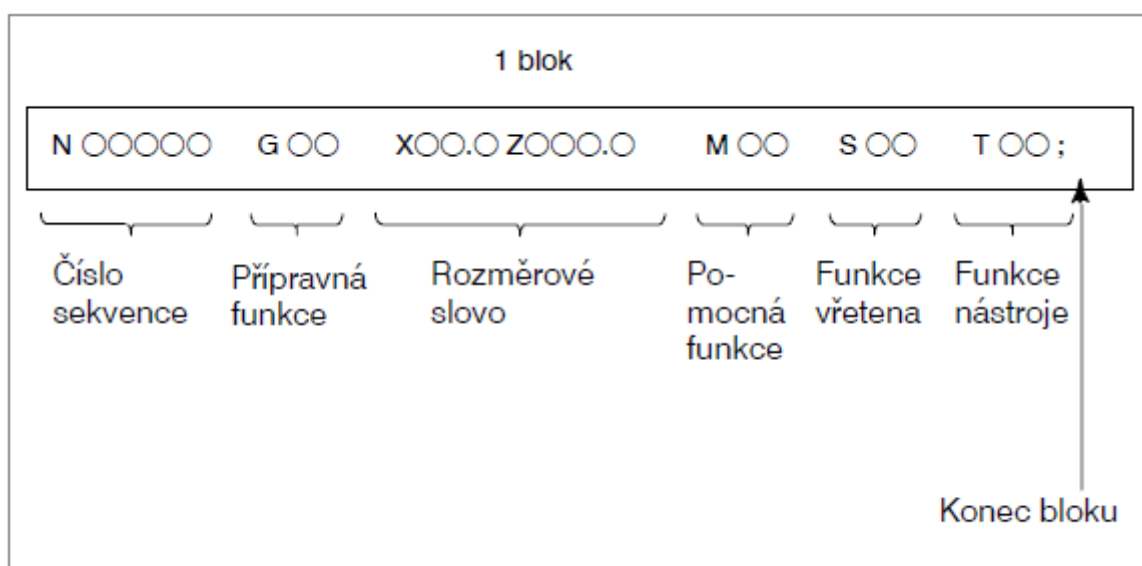
[7], [8]

## 4.2 Řídící NC program

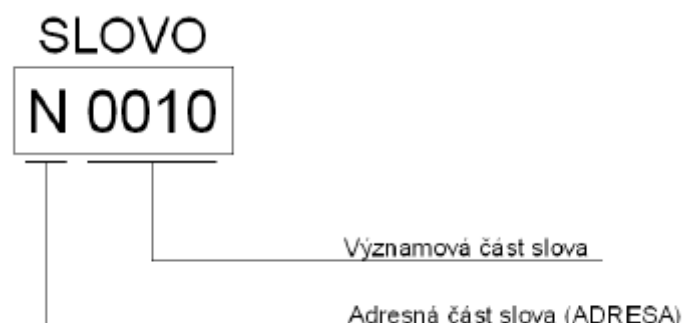
Řídící NC program je uspořádaný rozpis jednotlivých geometrických a technologických příkazů a dat v takové formě a posloupnosti, jak je vyžaduje software NC stroje.

Každý program se skládá z bloků (vět) tj. posloupnosti řádků. Každý blok (věta) se skládá z jednotlivých slov (obr. 9). Slovo má významnou část, která udává číselnou velikost povelu (počet otáček, velikosti posuvu, apod.) a adresnou část, která se označuje

písmenem a vyjadřuje druh povelu, jako otáčky, nástroj, posuv apod. (obr. 10) Slova mohou být rozměrová, která slouží k určování délky souřadnic a bezrozměrová, která vyjadřují programové funkce. [9]



Obr. č.9 Příklad bloku (věty) v NC programu systému Fanuc [12]



Obr. č.10 Popis jednoho slova v bloku programu [6]

### 4.3 Struktura NC programu

Struktura NC programu je tvořena jednotlivými skupinami řídicích bloků (vět) a jejich obsah je závislý na konkrétním řídicím systému a NC stroji. Určuje ji mezinárodní norma ISO 1058.

#### Výhody dodržování programové struktury:

- Dodržení tvaru a posloupnosti instrukcí a dodržení formálních pravidel syntaxe umožňuje kontrolnímu systému v případě formální chyby tuto chybu najít a oznámit (tzv. ALARM hlášení).
- Přehledná struktura programu umožňuje snadnější orientaci v programu a tím lepší nalezení případných a také usnadňuje provádění změn. [13]

#### Členění programu:

1. Začátek programu (%)
2. Standardní věty pro daný řídicí systém a obráběcí stroj, jako je posouvání souřadného systému, volba nulového bodu obrobku, volba pracovní roviny, atd.
3. 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, závitování, pro vrtání hlubokých otvorů, pro frézování kapes různých tvarů, apod. Tyto cykly usnadňují programování a zkracují NC programy.
4. 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.
5. Konec programu (M02, M30) [13]

**Příklad některých vět z části NC programů na soustruhu ve firmě AMO:**

G54 G21 G90 G99 G40	Nastavení výchozích parametrů, Souřadný systém pro interpolaci v polárních souřadnicích, metrické míry, korekce
T1010	Technologická věta - Nastavení nástroje
G50 S2500 M03	Geometrická věta – omezení otáček vřetene / roztočení 2500 otáček ve směru hodinových ručiček
G96 S150 M08	Řízení na konstantní obvodovou rychlost
G0 X250.0 Z112.0	Nájezd do polohy (rychluposuv)
G1 X30.5 Z112.0 F0.15	Lineární interpolace (pracovní posuv)
G71 P10 Q20 U0.35 W0.35 F0.3	Ubírání materiálu při soustružení



## 5 Laboratoře ArcelorMittal Ostrava

Praktická část diplomové práce je provedena v laboratoři na mechanické zkoušky v závodu firmy ArcelorMittal Ostrava a.s.

Mechanická zkušebna je součástí laboratoří a zkušeben, které jsou akreditovány podle normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2005. Slouží ke stanovení mechanických vlastností kovů, litin, tvrdých kalených materiálů a svarů. Další zkoušky potřebné pro hodnocení těchto materiálů jsou zjišťovány v hutní laboratoři a laboratoři analytické chemie. Na výrobu interních zkoušek se akreditace nevztahuje.

Zkoušky prováděné v mechanické zkušebně AMO (viz. tabulka č.2)

Tabulka č.2

<b>Přesný název zkušebního postupu/metody</b>	<b>Identifikace zkušebního postupu/metody</b>	<b>Předmět zkoušky</b>
Zkouška tahem za pokojové teploty	ČSN EN ISO 6892-1, ASTM E8/E8M	hutní výrobek, polotovár
Zkouška rázem v ohybu	ČSN ISO 148-1, ASTM E23	hutní výrobek, polotovár
Zkouška tvrdosti podle Rockwella	ČSN EN ISO 6508-1, ASTM E18	hutní výrobek, polotovár
Zkouška tvrdosti podle Vickerse	ČSN EN ISO 6507-1	hutní výrobek, polotovár
Zkouška tvrdosti podle Brinella	ČSN EN ISO 6506-1, ČSN ISO 410, ASTM E10	hutní výrobek, polotovár
Technologická zkouška trubek ohybem	ČSN EN ISO 8491, ASTM A106/A106M	hutní výrobek
Technologická zkouška trubek rozšiřováním	ČSN EN ISO 8493	hutní výrobek
Technologická zkouška trubek smáčknutím	ČSN EN ISO 8492	hutní výrobek
technologická zkouška trubek rozšiřováním prstence	ČSN EN ISO 8495	hutní výrobek
Technologická zkouška trubek tahem prstence	ČSN EN ISO 8496	hutní výrobek
Zkouška ohybem	ČSN EN ISO 7438, ČSN EN ISO 5173	hutní výrobek
Zkouška únavy kovů za rotace	ČSN 42 0363	hutní výrobek, polotovár

## 6 Popis soustruhu

Diplomová práce je provedena na soustruhu Accuway UT-200. (obr. č.11)

Firma ACCUWAY jako renomovaný výrobce špičkových CNC soustruhů se šikmým ložem nabízí ve svém sortimentu i nejdokonalejší technická řešení strojů vybavená protivřetenem a osou Y. Tyto stroje v kombinaci s osou „C“ umožňují obrábění i těch nejsložitějších dílů, které vyžadují použití frézovacích operací k dosažení požadovaného tvaru obrábění.

Výrobce používá řídicí systémy firmy FANUC v nejnovějším provedení 0i TD se zvětšenou obrazovkou 10,4 palce doplněné geniálním systémem jednoduchého dílenského programování MANUAL GUIDE i.

Lože u soustruhu je řešeno jako šikmé, se suporty za osou rotace, pro takzvané zaosové nástroje. Výhoda spočívá nejen v tuhosti, ale také se usnadní odvod třísek a manipulace s obrobky.



*Obr.č.11 Soustruh Accuway UT – 200 [14]*

Tabulka č.3 Parametry soustruhu Accuway UT – 200

		<b>UT 200</b>
<b>Oběžný průměr na ložem</b>	mm	505
<b>Oběžný průměr nad suportem</b>	mm	318
<b>Maximální obráběný průměr</b>	mm	350
<b>Maximální obráběná délka</b>	mm	570
<b>Zakončení vřetena</b>		A2-6 A2-8
<b>Otáčky vřetena</b>	ot/min	4500
<b>Vrtání vřetena</b>	mm	56/62/78
<b>Nástrojová hlava počet pozic</b>		8
<b>Výkon pohonu vřetena</b>	kW	11.15
<b>Hmotnost stroje</b>	kg	3600

## 7 Řídicí systém FANUC

### Charakteristické znaky CNC systému Fanuc:

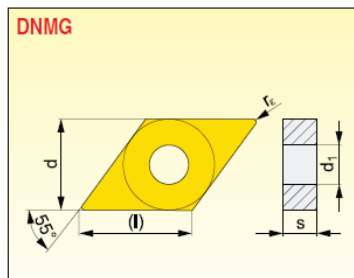
Řídicí jednotka vůbec nepoužívá technologii osobních počítačů; “otevřené“ systémy pouze na úrovni ovládacího panelu. Rychlý integrovaný automat PLC umožňuje výrobcí stroje velké zásahy i do vlastního CNC řízení. PLC lze vždy zobrazit i editovat přímo na systému. NANO přesnost je nejen ve výpočtech, ale i v odměřování – a to již od základní úrovně systému 0i. Řídicí systém je spolehlivý a snadno opravitelný.

Standardní programovací jazyk je vždy DIN-ISO, lze také doplnit o konverzační grafický dialog. Velké programy lze spouštět v režimu DNC (tj. přímo z externího zařízení – datová síť, paměťová karta, externí disk..)

Systém FANUC je jednoduchý, spolehlivý hardware. Má možnost tvorby vlastního uživatelského rozhraní (např. Junker, Mori Seiki, Mazak). [10]

## 8 VBD používané na soustruhu ve firmě AMO

Levý a pravý hrubovací nůž – typ DNMG 150612E-M, 6640



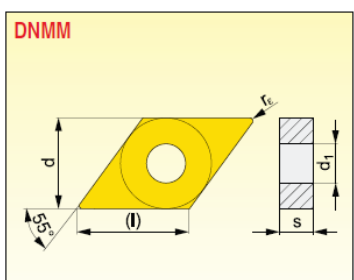
Velikost Velkosť	(l)	d	d <sub>1</sub>
1104	11,6	9,525	3,81
1504	15,5	12,7	5,16
1506	15,5	12,7	5,16

Doporučené řezné podmínky:

Rádus Rádus	Posuv na ot. Posuv na ot.		Hloubka řezu Hĺbka rezu	
r <sub>c</sub>	f <sub>min</sub>	f <sub>max</sub>	a <sub>p min</sub>	a <sub>p max</sub>
1,2	0,10	0,72	0,3	4,5

Doporučená řezná rychlost: **Pro oceli:** v<sub>c</sub> 195-90 (m/min) **Pro Litiny:** v<sub>c</sub> 185-85 (m/min)

Přímý hrubovací nůž – typ DNMM 150616E-OR, T9325

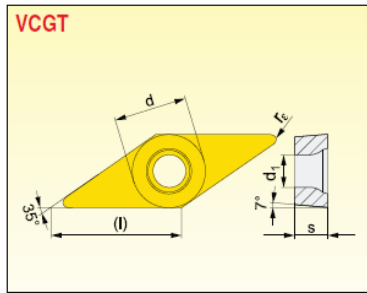


Velikost Velkosť	(l)	d	d <sub>1</sub>	s
1504	15,5	12,700	5,16	4,76
1506	15,5	12,700	5,16	6,35

Doporučené řezné podmínky:

Rádus Rádus	Posuv na ot. Posuv na ot.		Hloubka řezu Hĺbka rezu	
r <sub>c</sub>	f <sub>min</sub>	f <sub>max</sub>	a <sub>p min</sub>	a <sub>p max</sub>
1,6	0,35	0,80	2,0	4,5

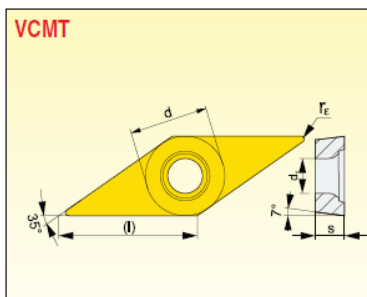
Doporučená řezná rychlost: **Pro oceli:** v<sub>c</sub> 235-175 (m/min) **Pro Litiny:** v<sub>c</sub> 220-165 (m/min)

Přímý hladící nůž – typ VCGT 160402F-AL, 8016

Velikost Veřkost	(l)	d	d <sub>1</sub>	s
1103	11,1	6,350	2,80	3,18
1604	16,6	9,525	4,40	4,76

Doporučené řezné podmínky:

Rádus Rádus	Posuv na ot. Posuv na ot.		Hĺoubka řezu Hĺbka rezu	
r <sub>c</sub>	f <sub>min</sub>	f <sub>max</sub>	a <sub>p min</sub>	a <sub>p max</sub>
0,2	0,06	0,10	0,3	4,0

Přímý hladící nůž – typ VCMT 160404E-UM, 8030

Velikost Veřkost	(l)	d	d <sub>1</sub>	s
1103	11,1	6,350	2,80	3,18
1604	16,6	9,525	4,40	4,76

Doporučené řezné podmínky:

Rádus Rádus	Posuv na ot. Posuv na ot.		Hĺoubka řezu Hĺbka rezu	
r <sub>c</sub>	f <sub>min</sub>	f <sub>max</sub>	a <sub>p min</sub>	a <sub>p max</sub>
0,4	0,08	0,20	0,5	3,0

Doporučená řezná rychlost: **Pro oceli:** v<sub>c</sub> 120-70 (m/min) **Pro Litiny:** v<sub>c</sub> 110-65 (m/min)Přímý hladící nůž – typ VCMT 160408E-UM, 8030

- Parametry jsou stejné jako u typu VCMT 160404E-UM, 8030

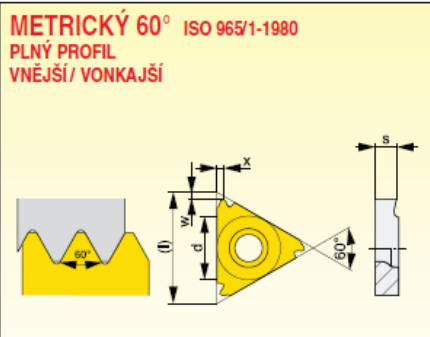
Doporučené řezné podmínky:

0,8	0,08	0,25	0,8	3,0
-----	------	------	-----	-----

Závitový nůž levý – typ **TN 16EL250M, 8030** - ( $v_c$  ocel 165-135 m/min,  $v_c$  litina 155-125 m/min)

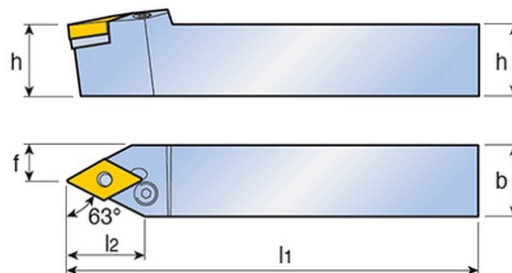
Závitový nůž pravý – typ **TN 16ER200M, 8030** - ( $v_c$  ocel 165-135 m/min,  $v_c$  litina 155-125 m/min)

**METRICKÝ 60° ISO 965/1-1980**  
**PLNÝ PROFIL**  
**VNĚJŠÍ / VONKAJŠÍ**

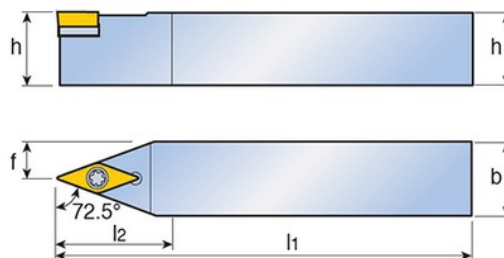


Velikost Velikost	(l)	d	s
<b>16</b>	16,5	9,525	3,47
<b>22</b>	22,0	12,700	4,71

Nožový držák - **PDNNR 2525/M15** – nejčastěji používaný při hrubovacích operacích



Nožový držák – **SVVCN 2525M16-M-A** – nejčastěji používaný při hladících operacích

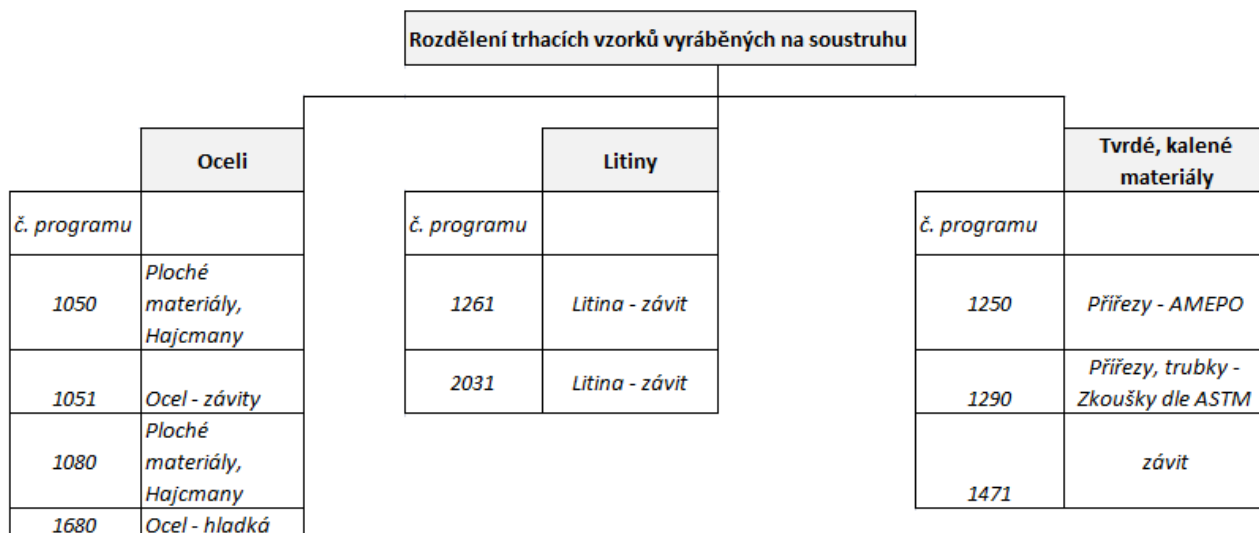


[11]

Veškeré břitové destičky a nožové držáky jsou nakupovány a pořizovány od firmy PRAMET, Šumperk.

## 9 Současný výrobní a technologický postup s návrhem nových řezných podmínek

Diplomová práce je provedena ve výrobní části mechanické zkušebny na CNC soustruhu Accuway UT-200. Na kterém se připravuje devět různých tahových zkoušek. Ty můžeme rozdělit do třech kategorií podle tvrdosti materiálu:

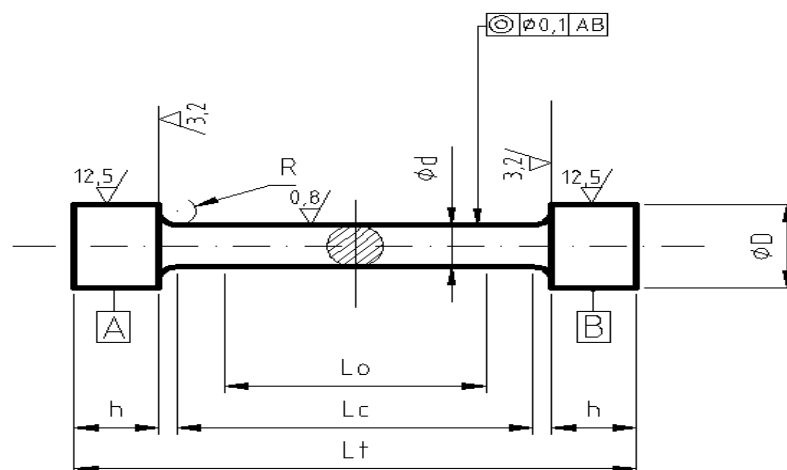


K těmto vzorkům jsou přiřazeny NC programy (viz. Příloha)

**NC programy jsou vyhotoveny tímto technologickým postupem:**

### Oceli:

#### Rozměry vzorku v NC programu 1050

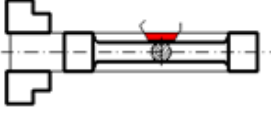
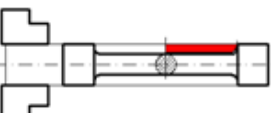
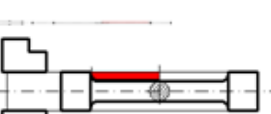

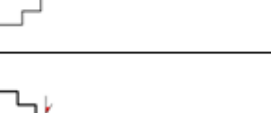


Obr.č.12 - schéma vzorku 1050

Tabulka č.3 – rozměry vzorku 1050

d	D	Lo	Lc	Lt	h min	R
10 ±0,3	20	50 (100)	60 (110)	95 (145)	15	2

Tabulka č.4

Technologický postup	Název programu: 1050	Materiál: Ocel	Polotovar: 20x135	Nástroj	Řezné podmínky nastavené v programu			
					číslo úseku	náčrt	Operace	$V_c$ [m/mm]
1		Hrubování	T0101 - Ubírací přímý DNMM 150616E-OR, T9325	110	2100	0,2 0,3	1,2	
2		Hrubování	T0303 - Ubírací pravý DNMG 150612E-M, 6640	150	2500	0,3 0,13	1,0	
3		Hrubování	T0202 - Ubírací levý DNMG 150612E-M, 6640	150	2500	0,2 0,3 0,13	1,0	
4		Hlazení	T0505 - Ubírací přímý VCGT 160402F-AL, 8016	180	2600	0,08	0,4	
5		Hrubování	T0202 - Ubírací levý DNMG 150612E-M, 6640	110	2600	0,1	0,0	

Technologický rozbor NC programu 1050 je v tabulce č.4. Schéma vzorku je na obr.č12 a rozměry vzorku se nachází v tabulce č.3. NC program se nachází v příloze A.

V NC programu se vyskytovala řezná rychlost a omezení otáček. V následujícím výčtu úseků uvádím porovnání navržené a skutečné řezné rychlosti, podle které se obrábělo.



Protože v úsecích 1 – 4 byla řezná rychlost omezena otáčkami, nedosahovala tedy řezné rychlosti nastavené v programu.

**Navržené řezné podmínky****Skutečné řezné podmínky****Úsek č.1 – Hrubování**

$V_c$ (m/min)	f (mm)
200	0,6

$V_c$ (m/min)	f (mm)
69,2	0,3

**Úsek č.2 a č.3 - Hrubování**

$V_c$ (m/min)	f (mm)
180	0,4

$V_c$ (m/min)	f (mm)
78	0,2

**Úsek č.4 - Hlazení**

$V_c$ (m/min)	f (mm)
120	0,1

$V_c$ (m/min)	f (mm)
81	0,08

**Úsek č.5**

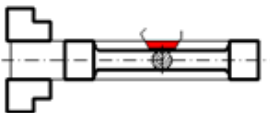
Jedná se pouze o operaci, kdy levý ubírací nůž přijede k materiálu a lehce označí tzv. konečný délkový rozměr, (aby obsluha věděla, kde danou součást posléze zkrátit) – tento krok se prováděl na pile. V současné době tento krok není potřeba, protože současné trhací stroje ve společnosti AMO mají vydutá vřetena a tudíž délka trhacího vzorku nehraje žádnou roli. Proto navrhuji zrušení celého úseku č.5.

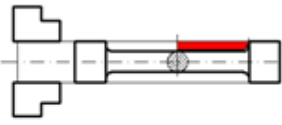
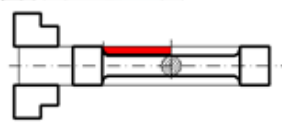
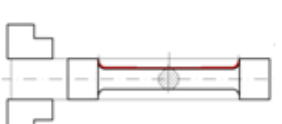
**Rozměry vzorku v NC programu 1080**

Tabulka č.5 – rozměry vzorku 1080

d	D	Lo	Lc	Lt	h min	R
10 ±0,3	20	80	90	125	15	2

Tabulka č.6

Technologický postup	Název programu: 1080	Materiál: Ocel	Polotovar: 20x135	Nástroj	Řezné podmínky nastavené v programu			
					$V_c$ [m/mm]	Omezení otáček n [min <sup>-1</sup> ]	f [mm]	$a_p$ [mm]
číslo úseku	náčrt	Operace	-----					
1		Hrubování	T0101 - Ubírací přímý DNMM 150616E-OR, T9325	110	2100	0,2 0,3	1,2	

2		Hrubování	T0303 - Ubírací pravý DNMG 150612E-M, 6640	150	2500	0,3 0,13	1,0
3		Hrubování	T0202 - Ubírací levý DNMG 150612E-M, 6640	150	2500	0,2 0,3 0,13	1,0
4		Hlazení	T0505 - Ubírací přímý VCGT 160402F-AL, 8016	180	2600	0,08	0,4

Technologický rozbor NC programu 1080 je v tabulce č.6, schéma vzorku je na obr. č.12. a rozměry vzorku se nachází v tabulce č.5. NC program se nachází v příloze C.

V NC programu se vyskytovala řezná rychlost a omezení otáček. V následujícím výčtu úseků uvádím porovnání navržené a skutečné řezné rychlosti, podle které se obrábělo. Protože v úsecích 1 – 4 byla řezná rychlost omezena otáčkami, nedosahovala tedy řezné rychlosti nastavené v programu.

#### Navržené řezné podmínky      Skutečné řezné podmínky

##### Úsek č.1 – Hrubování

$V_c$ (m/min)	f (mm)	$V_c$ (m/min)	f (mm)
200	0,6	69,2	0,2

##### Úsek č.2 a č.3 - Hrubování

$V_c$ (m/min)	f (mm)	$V_c$ (m/min)	f (mm)
180	0,4	82,4	0,3

##### Úsek č.4 – Hlazení

$V_c$ (m/min)	f (mm)	$V_c$ (m/min)	f (mm)
120	0,1	81,6	0,08

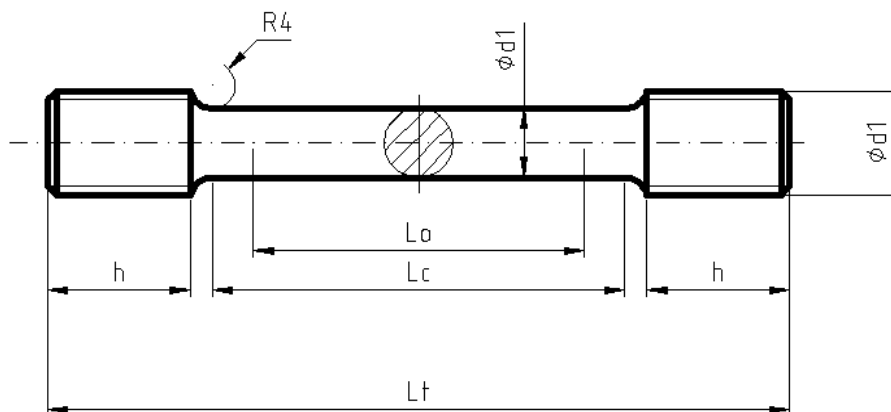
Program 1080 je novější než program 1050, proto je vytvořen bez úseku č.5.

**Rozměry vzorku v NC programu 1680***Tabulka č.7 – rozměry vzorku 1680*

<b>d</b>	<b>D</b>	<b>Lo</b>	<b>Lc</b>	<b>Lt</b>	<b>h min</b>	<b>R</b>
16 ±0,05	30	80 (160)	96 (176)	150 (230)	23	4

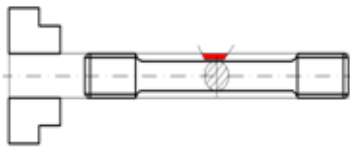
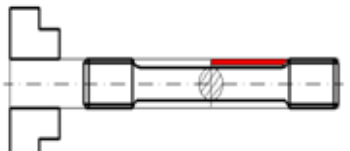
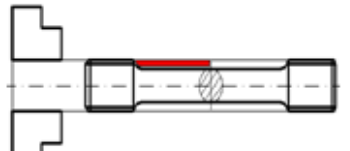
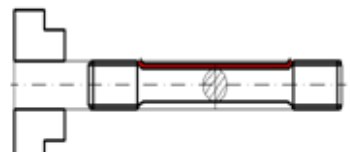
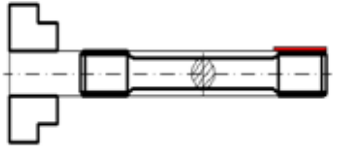
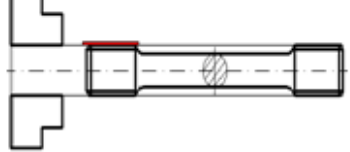
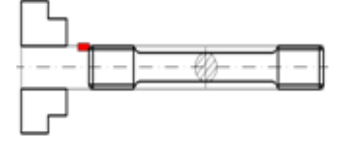
**NC program 1680**

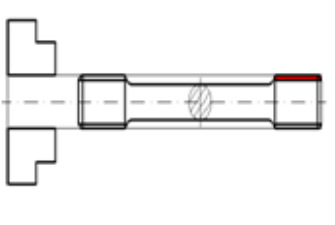
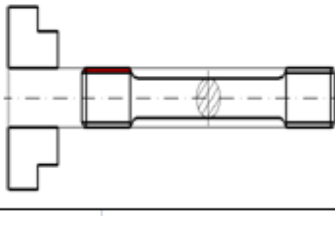
Technologický rozbor programu 1680 je stejný jako rozbor programu 1080 – tabulka č.6. Schéma vzorku je na obr.č.12 a rozměry vzorku se nachází v tabulce č.7. NC program se nachází v příloze D. Liší se v délkových a průměrových rozměrech. Doporučuji přeprogramovat NC program. Některé NC věty jsou zbytečné a nesmyslné. Např. poté co levý a pravý nůž vyhrubují průměry pro závit, v dalších krocích se “soustruží vzduch“ do doby, než se vymění nástroj pro řezání závitu. Tyto chyby se promítají do strojního času.

**Rozměry vzorku v NC programu 1051***Obr.č.13 - schéma vzorku 1051**Tabulka č.8 – rozměry vzorku 1051*

<b>d0</b>	<b>Lo</b>	<b>d1</b>	<b>h</b>	<b>Lc min</b>	<b>Lt</b>
10	50	M16	22	60	115

Tabulka č.9

Technologický postup	Název programu: 1051	Materiál: Ocel	Polotovár: 20x135	Nástroj	Řezné podmínky nastavené v programu			
číslo úseku	náčrt	Operace	-----	$V_c$ [m/mm]	Omezení otáček $n$ [min <sup>-1</sup> ]	$f$ [mm]	$a_p$ [mm]	
1		Hrubování	T0101 - Ubírací přímý DNMM 150616E-OR, T9325	110	2100	0,2 0,3 0,1	1,2	
2		Hrubování	T0303 - Ubírací pravý DNMG 150612E-M, 6640	150	2500	0,2 0,3 0,13	1,0	
3		Hrubování	T0202 - Ubírací levý DNMG 150612E-M, 6640	150	2500	0,2 0,3 0,13	1,0	
4		Hlazení	T0505 - Ubírací přímý VCGT 160402F-AL, 8016	180	3000	0,05	0,4	
5		Hrubování	T0303 - Ubírací pravý DNMG 150612E-M, 6640	150	2300	0,2 0,13	1,0	
6		Hrubování	T0202 - Ubírací levý DNMG 150612E-M, 6640	150	2300	0,2 0,13	1,0	
7		Hrubování	T0202 - Ubírací levý DNMG 150612E-M, 6640	110	2300	0,13 0,13 0,13 0,13	0,8	

8		Závit	T0707 - Závitový pravý TN 16ER200M, 8030	130	1000	2,0	
9		Závit	T0606 - Závitový pravý TN 16EL250M, 8030	130	1000	2,0	

### NC program 1051

Technologický rozbor programu 1051 je v tabulce č.9. Schéma vzorku je na obr. č.13. a rozměry vzorku se nachází v tabulce č.8. NC program se nachází v příloze B.

V NC programu se vyskytovala řezná rychlost a omezení otáček. V následujícím výčtu úseků uvádím porovnání navržené a skutečné řezné rychlosti, podle které se obrábělo. Protože v úsecích 1 – 4 a 7 - 9 byla řezná rychlost omezena otáčkami, nedosahovala tedy řezné rychlosti nastavené v programu. Pouze úseky č.5 a č.6 se téměř přiblížili nastavené řezné rychlosti.

#### Navržené řezné podmínky

#### Skutečné řezné podmínky

##### Úsek č.1 – Hrubování

$V_c$ (m/min)	f (mm)
180	0,4

$V_c$ (m/min)	f (mm)
69,2	0,1

##### Úsek č.2 a č.3 - Hrubování

$V_c$ (m/min)	f (mm)
180	0,4

$V_c$ (m/min)	f (mm)
82,4	0,2

##### Úsek č.4 – Hlazení

$V_c$ (m/min)	f (mm)
120	0,1

$V_c$ (m/min)	f (mm)
94,2	0,05

Úsek č.5 a č.6 – Hrubování - úprava pro závit

$v_c$ (m/min)	f (mm)	$v_c$ (m/min)	f (mm)
180	0,5	144,4	0,2

Úsek č.7 – Hrubování – zápich

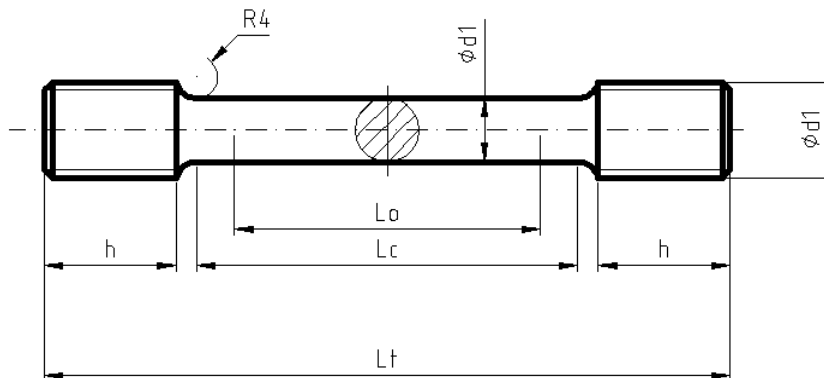
$v_c$ (m/min)	f (mm)	$v_c$ (m/min)	f (mm)
150	0,3	93,8	0,13

Úsek č.8 a č.9 – Řezání závitu

$v_c$ (m/min)	f (mm)	$v_c$ (m/min)	f (mm)
140	2,0	50,2	0,2

## Litiny:

### Rozměry vzorku v NC programu 1261



Obr.č.14 - schéma vzorku 1261

Tabulka č.10 – rozměry vzorku 1261

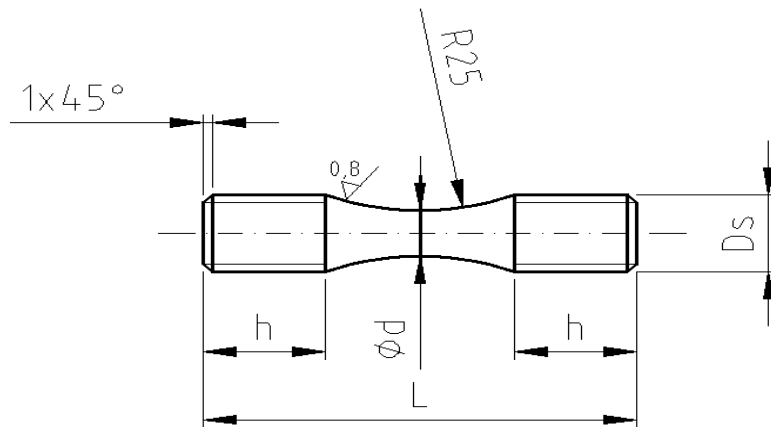
d0	Lo	d1	h	Lc min	Lt
12	60	M18	25	72	130

## NC Program 1261

Program 1261 se sice liší ve všech rozměrech, ale technologický rozbor programu je však stejný jako rozbor programu 1051 – tabulka č.9. Proto ho zde neuvádím. Schéma vzorku je na obr. č.14 a rozměry vzorku se nachází v tabulce č.10. NC program se nachází v příloze E.

V NC programu se vyskytovala řezná rychlost a omezení otáček. V následujícím výčtu úseků uvádím porovnání navržené a skutečné řezné rychlosti, podle které se obrábělo. Ve všech úsecích byla opět řezná rychlost omezena otáčkami a nedosahovala tedy řezné rychlosti nastavené v programu.

	Navržené řezné podmínky		Skutečné řezné podmínky	
<b>Úsek č.1 – Hrubování</b>	$\underline{V_c}$ (m/min)	f (mm)	$V_c$ (m/min)	f (mm)
	190	0,4	82,4	0,2
<b>Úsek č.2 a č.3 – Hrubování</b>	$\underline{V_c}$ (m/min)	f (mm)	$V_c$ (m/min)	f (mm)
	180	0,3	97,3	0,2
<b>Úsek č.4 – Hlazení</b>	$\underline{V_c}$ (m/min)	f (mm)	$V_c$ (m/min)	f (mm)
	100	0,1	113	0,05
<b>Úsek č.5 a č.6 – Hrubování - úprava pro závit</b>	$\underline{V_c}$ (m/min)	f (mm)	$V_c$ (m/min)	f (mm)
	180	0,3	128,5	0,2
<b>Úsek č.7 – Hrubování - zápich</b>	$\underline{V_c}$ (m/min)	f (mm)	$V_c$ (m/min)	f (mm)
	150	0,2	101,1	0,13
<b>Úsek č.8 a č.9 – Řezání závitu</b>	$\underline{V_c}$ (m/min)	f (mm)	$V_c$ (m/min)	f (mm)
	145	2,5	56,2	2,50

**Rozměry vzorku v NC programu 2031**

Obr.č.15 - schéma vzorku 2031

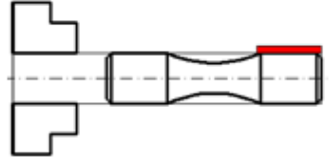
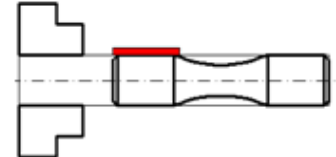
Tabulka č.11 – rozměry vzorku 2031

Ds	d	L	h
M30x2	20 ±0,10	107	37

Tabulka č.12

Technologický postup	Název programu: 2031	Materiál: Litina	Polotovár: 30x150	Nástroj	Řezné podmínky nastavené v programu			
					číslo úseku	náčrt	Operace	V <sub>c</sub> [m/mm]
1		Hrubování	T1010 - Ubírací přímý DNMM 150616E-OR, T9325	150	2500	0,15	1,5	
2		Hrubování	T0202 - Ubírací levý DNMG 150612E-M, 6640	180	2500	0,15 0,35 0,15 0,1	1,5	
3		Hlazení	T0505 - Ubírací přímý VCGT 160402F-AL, 8016	130	3000	0,05 0,08	0,4	



4		Závit	T0707 - Závitový pravý TN 16ER200M, 8030	130	600	0,2	
5		Závit	T0606 - Závitový pravý TN 16EL250M, 8030	130	600	0,2	

### NC program 2031

Technologický rozbor programu 2031 je v tabulce č.12. Schéma vzorku je na obr. č.15 a rozměry vzorku se nachází v tabulce č.11. NC program se nachází v příloze F.

V NC programu se vyskytovala řezná rychlost a omezení otáček. V následujícím výčtu úseků uvádím porovnání navržené a skutečné řezné rychlosti, podle které se obrábělo.

U programu 2031 není v úsecích 1 – 3 omezení otáčkami, jako bylo doposud. Řezná rychlost tudíž odpovídá navržené řezné rychlosti v programu a odpovídá využití VBD. V úsecích č.4 a č.5 se však už omezení otáčkami vyskytuje. Řezná rychlost tedy nedosahovala řezné rychlosti nastavené v programu.

#### Navržené řezné podmínky

#### Skutečné řezné podmínky

#### Úsek č.1 – Hrubování

$\underline{V_c}$ (m/min)	f (mm)	$V_c$ (m/min)	f (mm)
190	0,4	168	0,15

#### Úsek č.2 – Hrubování + zápich

$\underline{V_c}$ (m/min)	f (mm)	$V_c$ (m/min)	f (mm)
180	0,3	196,2	0,15

#### Úsek č.3 – Hlazení

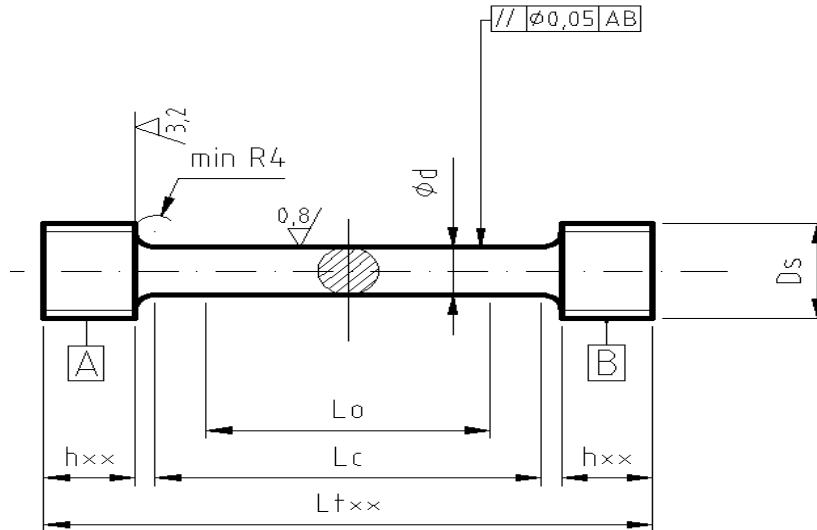
$\underline{V_c}$ (m/min)	f (mm)	$V_c$ (m/min)	f (mm)
100	0,1	188,4	0,05

#### Úsek č.4 a č.5 – Řezání závitů

$\underline{V_c}$ (m/min)	f (mm)	$V_c$ (m/min)	f (mm)
145	2,0	56,2	2,0

# Tvrdé, kalené materiály

## Rozměry vzorku v NC programu 1471



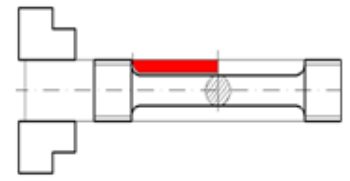
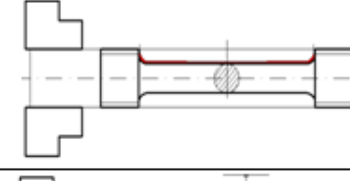
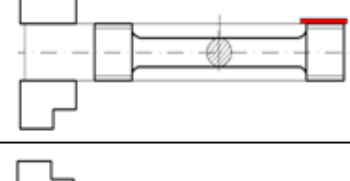
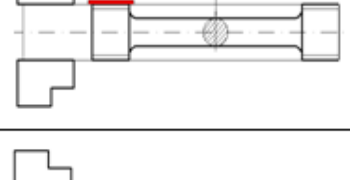
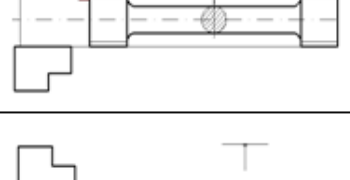
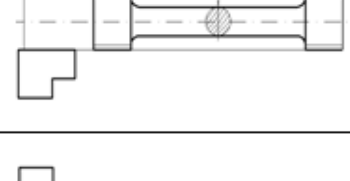
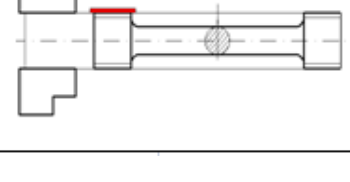
Obr.č.15 - schéma vzorku 1471

Tabulka č.13 – rozměry vzorku 1471

d	Ds	Lo	Lc	Lt**	h min**
14 ±0,05	M20	70	84	120	15

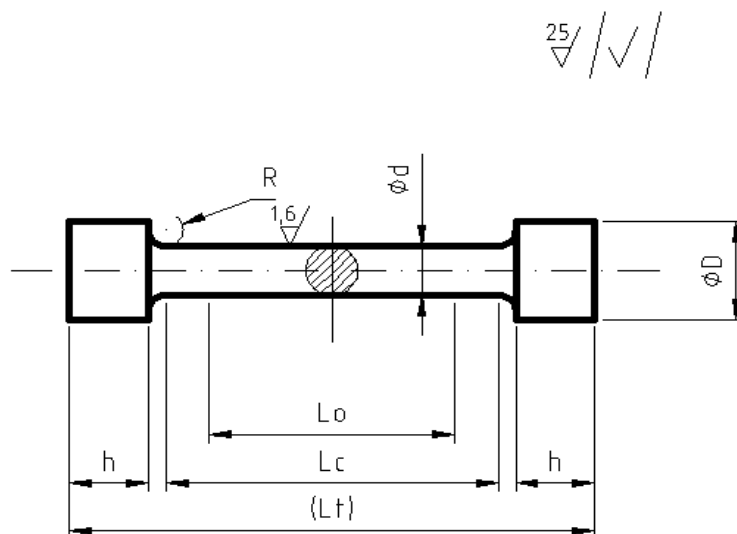
Tabulka č.14

Technologický postup	Název programu: 1471	Materiál: Tvrký, kalný	Polotovary: 20x170	Nástroj	Řezné podmínky nastavené v programu			
					číslo úseku	náčrt	Operace	$V_c$ [m/mm]
1		Hrubování	T1010 - Ubírací přímý DNMM 150616E-OR, T9325	110	2100	0,1 0,2 0,1	1,2	
2		Hrubování	T0303 - Ubírací pravý DNMG 150612E-M, 6640	180	2500	0,2 0,2 0,13	1,0	

3		Hrubování	T0202 - Ubírací levý DNMG 150612E-M, 6640	180	2500	0,2 0,2 0,13	1,0
4		Hlazení	T0505 - Ubírací přímý VCGT 160402F-AL, 8016	180	3000	0,05	0,4
5		Hrubování	T0303 - Ubírací pravý DNMG 150612E-M, 6640	180	2300	0,2 0,13	1,0
6		Hrubování	T0202 - Ubírací levý DNMG 150612E-M, 6640	180	2300	0,2 0,13	1,0
7		Hrubování	T0202 - Ubírací levý DNMG 150612E-M, 6640	110	2300	0,13 0,13 0,13 0,13	0,8
8		Závit	T0707 - Závitový pravý TN 16ER200M, 8030	130	1000	2,5	
9		Závit	T0606 - Závitový pravý TN 16EL250M, 8030	130	1000	2,5	

### NC Program 1471

Technologický rozbor programu 1471 je v tabulce č.14. Schéma vzorku je na obr. č.15 a rozměry vzorku se nachází v tabulce č.13. NC program se nachází v příloze I. Doporučuji pro něj stejné řezné podmínky jako u programu 1261. Stejně jako téměř u všech NC programů byla řezná rychlost omezena otáčkami.

**Rozměry vzorku v NC programu 1290**

Obr.č.15 - schéma vzorku 1290

Tabulka č.15 – rozměry vzorku 1290

Rozměr	Vzorek 0,5"		Vzorek 0,35"		Vzorek 0,25"	
	mm	Palce	mm	Palce	mm	Palce
<b>d</b>	12,5 ±0,25	0,5 ±0,010	8,75 ±0,18	0,35 ±0,007	6,25 ±0,12	0,25 ±0,005
<b>Lo</b>	50,0 ±0,1	2 ±0,005	35,0 ±0,1	1,4 ±0,005	25,0 ±0,1	1 ±0,005
<b>Lc</b>	60	2 ¼	45	1 ¾±	32	1 ¼
<b>R</b>	10	3,8	6	1,4	5	3,16
<b>D</b>	30		21		16	
<b>H</b>	35		25		22	
<b>Lt</b>	150		107		64	

**NC Program 1290**

Technologický rozbor programu 1290 je stejný jako rozbor 1080 u ocelí (viz. Tabulka č.6). Schéma vzorku je na obr. č. 15 a rozměry vzorku se nachází v tabulce č.15. NC program se nachází v příloze G.

V NC programu se vyskytovala řezná rychlost a omezení otáček. V následujícím výčtu úseků uvádím porovnání navržené a skutečné řezné rychlosti, podle které se obrábělo.

Opět se ve všech úsecích projevilo omezení otáčkami, tudíž skutečná řezná rychlost neodpovídala řezné rychlosti v programu.

**Navržené řezné podmínky****Skutečné řezné podmínky****Úsek č.1 – Hrubování**

$V_c$ (m/min)	f (mm)
190	0,4

$V_c$ (m/min)	f (mm)
85,7	0,2

**Úsek č.2 a č.3 – Hrubování**

$V_c$ (m/min)	f (mm)
180	0,3

$V_c$ (m/min)	f (mm)
79,7	0,2

**Úsek č.4 – Hlazení**

$V_c$ (m/min)	f (mm)
100	0,1

$V_c$ (m/min)	f (mm)
78,5	0,08

**Rozměry vzorku v NC programu 1250**

Tabulka č.16 – rozměry vzorku 1250

Rozměr	Vzorek 0,5"		Vzorek 0,35"		Vzorek 0,25"	
	mm	Palce	mm	Palce	mm	Palce
<b>d</b>	12,5 ±0,25	0,5 ±0,010	8,75 ±0,18	0,35 ±0,007	6,25 ±0,12	0,25 ±0,005
<b>Lo</b>	50,0 ±0,1	2 ±0,005	35,0 ±0,1	1,4 ±0,005	25,0 ±0,1	1 ±0,005
<b>Lc</b>	60	2 ¼	45	1 ¾	32	1¼
<b>R</b>	10	3,8	6	1,4	5	3,16
<b>D</b>	30		21		16	
<b>H</b>	35		25		22	
<b>Lt</b>	150		107		64	

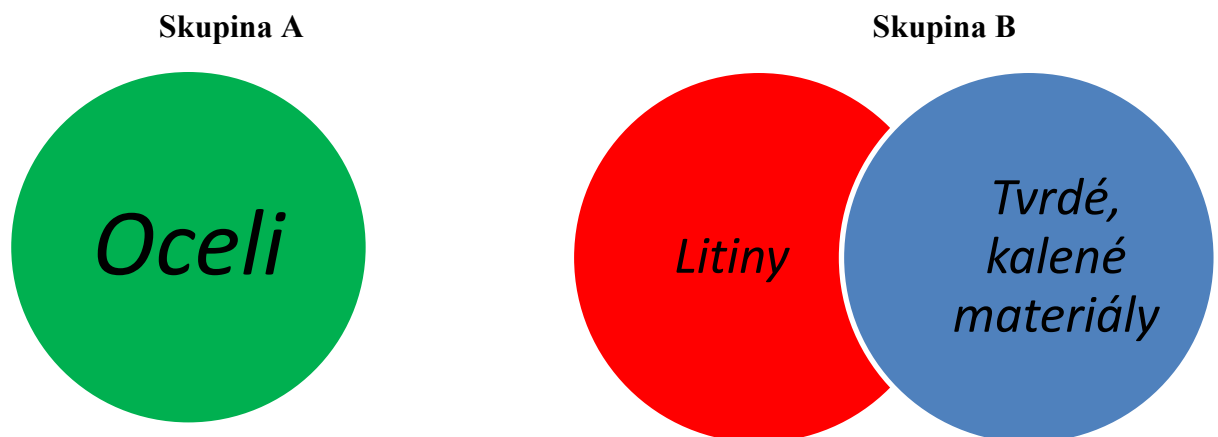
## NC Program 1250

Technologický rozbor programu 1290 je stejný jako rozbor 1080 u ocelí (viz. Tabulka č.6). Schéma vzorku je na obrázku č.15 a rozměry vzorku se nachází v tabulce č.16. NC program se nachází v příloze H.

Program je téměř identický jako 1290, liší se jen v délkových rozměrech. Proto doporučuji stejné řezné podmínky u hrubovacích a hladících úseků jako u programu 1290.

## 10 Rozdělení obráběných materiálů

Ve firmě existují pouze dvě sady nožových držáků. Požadavkem firmy není nákup třetí sady nožových držáků. Proto po konzultaci s odborníky ve firmě Pramet, od které firma AMO nakupuje vyměnitelné břitové destičky, rozdělují materiály na dvě kategorie. Na A a B.



## 11 Návrh zcela nových břitových destiček

Jako součást diplomové práce je návrh nových břitových destiček. Jelikož stávající destičky jsou už používány delší dobu, mohou být vývojově zastaralé a nemusí zcela vyhovovat požadavku rozdělení materiálu do dvou skupin. Destičky VCMT se vyrábí už jen v omezeném sortimentu a utvařec UM se už nevyrábí vůbec. Jsou nahrazeny destičkami VBMT s doporučeným utvařecem RM nebo FM. Za výhodu považují upínání do stejného nožového držáku. Po konzultaci s odborníky z firmy PRAMET a nastudování materiálů jimi navrhovanými doporučuji:

**Skupina A:** Oceli

Doporučený materiál: T9325 nebo T9315

#### Hlavní rysy T9325

- střední tepelná odolnost
- Optimální pro krátké řezné cykly
- Vhodné pro přerušovaný řez
- Možnost použití chladicí kapaliny
- Nestabilní řezné podmínky

#### Hlavní rysy T9315

- Vysoká tepelná odolnost
- Dlouhá doba v řezu
- Nepřerušovaný řez
- Bez použití chladicí kapaliny
- Stabilní řezné podmínky

#### Levý a pravý hrubovací nůž – typ **DNMG 150612E-RM, T9325**



Rádus Radius	Posuv/ot. Feed/rev.		Hloubka řezu Depth of cut	
	$r_\epsilon$	$f_{\min}$	$f_{\max}$	$a_{p\min}$
1,2	0,25	0,70	1,5	4,5

Řezná rychlost:  $v_c$  – 230 m/min

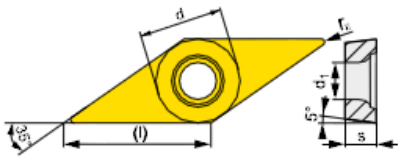
#### Přímý hrubovací nůž – typ **DNMG 150616E-RM, T9325**



Rádus Radius	Posuv/ot. Feed/rev.		Hloubka řezu Depth of cut	
	$r_\epsilon$	$f_{\min}$	$f_{\max}$	$a_{p\min}$
1,6	0,30	0,75	2,0	4,5

Řezná rychlost:  $v_c$  – 230 m/min

#### Přímý hladicí nůž – typ **VBMT 160404E-RM, T9325**

**VBMT**

Velikost	(l)	d	d <sub>1</sub>	s
<b>1604</b>	16,6	9,525	4,50	4,76

Rádus	Posuv na ot.		Hloubka řezu Hĺbka rezu	
	f <sub>min</sub>	f <sub>max</sub>	a <sub>p min</sub>	a <sub>p max</sub>
r <sub>z</sub>	0,10	0,20	0,8	3,6

Řezná rychlost:  $v_c$  – 290 m/min

**Skupina B:** Litiny, Tvrdé kalené materiály

Doporučený materiál: T5305 nebo T5315

Nové materiály T5305 a T5315 slouží k obrábění velmi tvrdých materiálů. Tyto materiály nabízejí vysokou otěruvzdornost a houževnatost a jsou vhodné i pro velmi náročné podmínky.

Pro litiny a tvrdé kalené materiály doporučuji stejné sady VBD jako u ocelí, které se ale liší v materiálech VBD a řezných podmínkách. T5305 a T5315

Levý a pravý hrubovací nůž – typ **DNMG 150612E-RM, T5305**

Řezná rychlost:  $v_c$  – 255 m/min

Přímý hrubovací nůž – typ **DNMG 150616E-RM, T5305**

Řezná rychlost:  $v_c$  – 255 m/min

Přímý hladící nůž – typ **VBMT 160404E-RM, T9325**

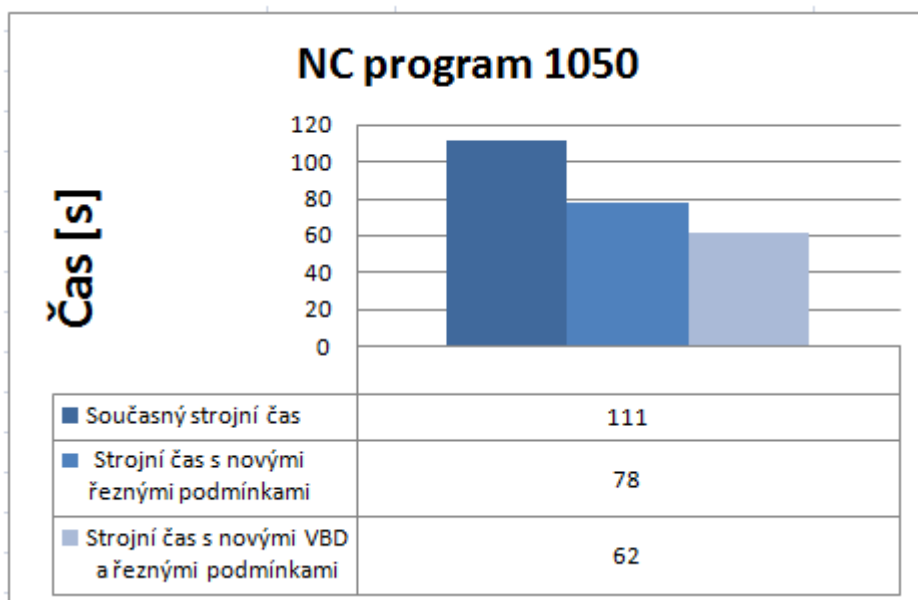
Řezná rychlost:  $v_c$  – 340 m/min



## 12 Technicko-ekonomické zhodnocení

V rámci technicko-ekonomického zhodnocení diplomová práce porovnává jednotlivé strojní časy a vypočítává procentuální časovou úsporu. Mezi porovnané strojní časy patří: současný strojní čas, strojní čas s navrženými novými řeznými podmínkami a strojní čas s navrženými novými VBD spolu s řeznými podmínkami.

Současný strojní čas byl měřen na soustruhu Accuway UT-200 v laboratoři společnosti AMO. Strojní čas s navrženými novými řeznými podmínkami a strojní čas s návrhem nových VBD byl zjištěn pomocí simulace.



**Strojní čas s novými řeznými podmínkami:**

$$T = \frac{T_{\text{nov. podm.}}}{T_{\text{celk.}}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$T = \frac{78}{111} \cdot 100 = 70\% \quad \Rightarrow \quad 100\% - 70\% = 30\%$$

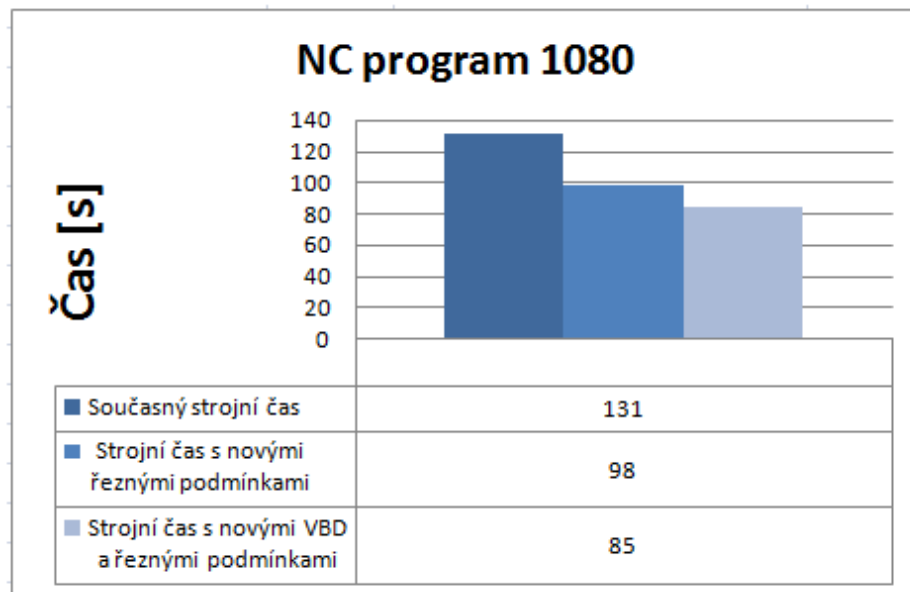
U NC programu 1050 bude časová úspora s novými řeznými podmínkami **30%**.

**Strojní čas s novými VBD a řeznými podmínkami:**

$$T = \frac{T_{nov.VBD}}{T_{celk.}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$T = \frac{62}{111} \cdot 100 = 55,8\% \quad \Rightarrow \quad 100\% - 55,8\% = 44,2\%$$

U NC programu 1050 bude časová úspora s novými VBD a řeznými podmínkami **44,2%**.

**Strojní čas s novými řeznými podmínkami:**

$$T = \frac{T_{nov.podm.}}{T_{celk.}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$T = \frac{98}{131} \cdot 100 = 74,8\% \quad \Rightarrow \quad 100\% - 74,8\% = 25,2\%$$

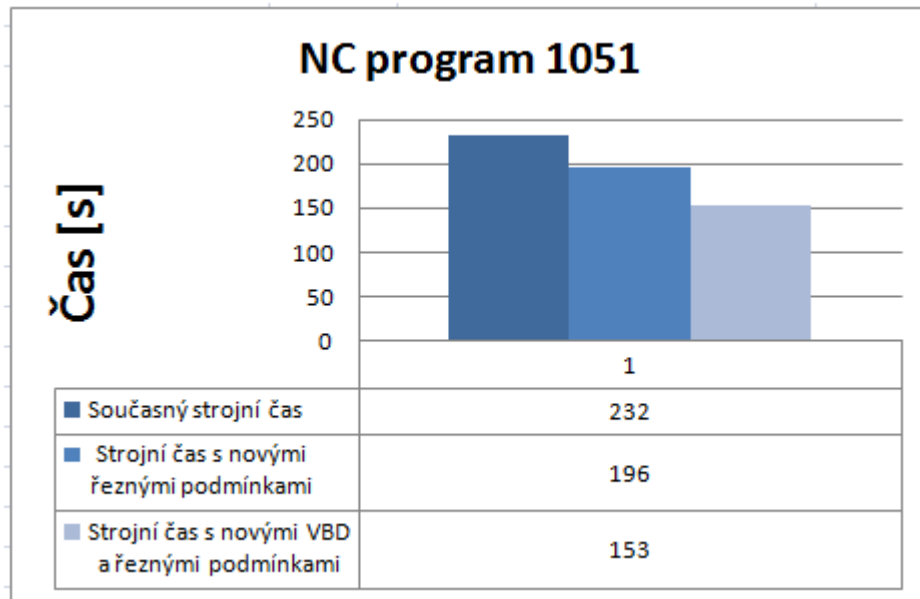
U NC programu 1080 bude časová úspora s novými řeznými podmínkami **25,2%**.

**Strojní čas s novými VBD a řeznými podmínkami:**

$$T = \frac{T_{nov.VBD}}{T_{celk.}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$T = \frac{85}{131} \cdot 100 = 64,8\% \quad \Rightarrow \quad 100\% - 64,8\% = 35,2\%$$

U NC programu 1080 bude časová úspora s novými VBD a řeznými podmínkami **35,2%**.



**Strojní čas s novými řeznými podmínkami:**

$$T = \frac{T_{nov.podm.}}{T_{celk.}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$T = \frac{196}{232} \cdot 100 = 84,4\% \quad \Rightarrow \quad 100\% - 84,4\% = 15,6\%$$

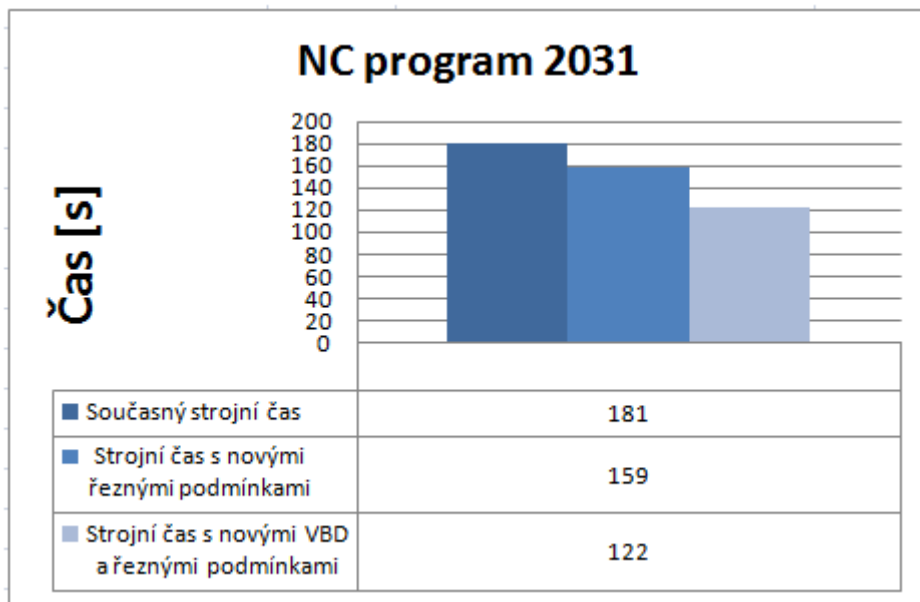
U NC programu 1051 bude časová úspora s novými řeznými podmínkami **15,6%**.

**Strojní čas s novými VBD a řeznými podmínkami:**

$$T = \frac{T_{nov.VBD}}{T_{celk.}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$T = \frac{153}{232} \cdot 100 = 65,9\% \quad \Rightarrow \quad 100\% - 64,8\% = 34,1\%$$

U NC programu 1051 bude časová úspora s novými VBD a řeznými podmínkami **34,1%**.



**Strojní čas s novými řeznými podmínkami:**

$$T = \frac{T_{\text{nov.podm.}}}{T_{\text{celk.}}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$T = \frac{159}{181} \cdot 100 = 87,8\% \quad \Rightarrow \quad 100\% - 87,8\% = 12,2\%$$

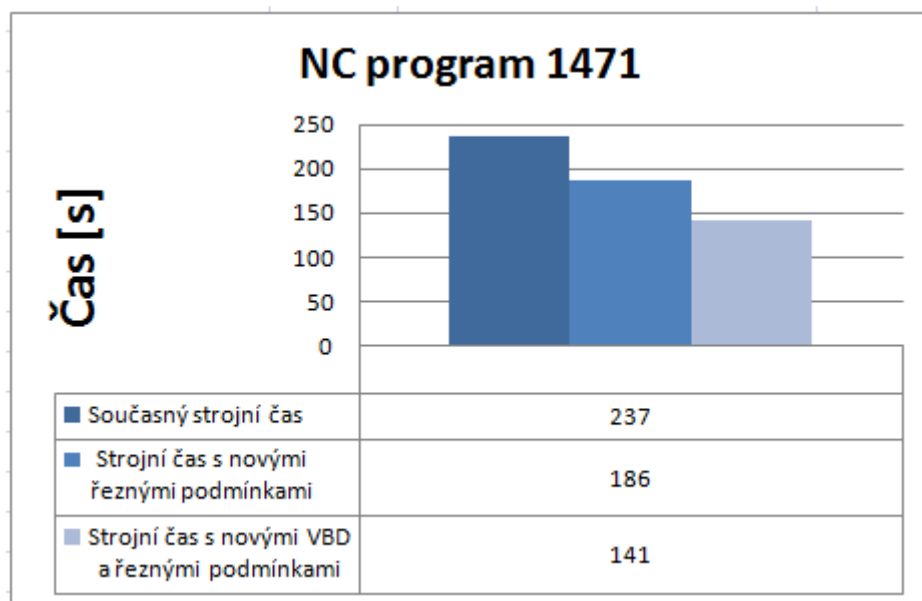
U NC programu 2031 bude časová úspora s novými řeznými podmínkami **12,2%**.

**Strojní čas s novými VBD a řeznými podmínkami:**

$$T = \frac{T_{\text{nov.VBD}}}{T_{\text{celk.}}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$T = \frac{122}{181} \cdot 100 = 67,4\% \quad \Rightarrow \quad 100\% - 67,4\% = 32,6\%$$

U NC programu 2031 bude časová úspora s novými VBD a řeznými podmínkami **32,6%**.



**Strojní čas s novými řeznými podmínkami:**

$$T = \frac{T_{nov.podm.}}{T_{celk.}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$T = \frac{186}{237} \cdot 100 = 78,4\% \quad \Rightarrow \quad 100\% - 78,4\% = 21,6\%$$

U NC programu 1471 bude časová úspora s novými řeznými podmínkami **21,6%**.

**Strojní čas s novými VBD a řeznými podmínkami:**

$$T = \frac{T_{nov.VBD}}{T_{celk.}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$T = \frac{141}{237} \cdot 100 = 59,5\% \quad \Rightarrow \quad 100\% - 59,5\% = 40,5\%$$

U NC programu 1471 bude časová úspora s novými VBD a řeznými podmínkami **40,5%**.

V době návrhu nových podmínek nebyl zrovna požadavek na trhací zkoušky, proto nebylo možné ověřit trvanlivost břitu. Tudíž nelze zhodnotit celkovou nákladovou stránku.

Nedá se bohužel odhadnout, kolik by se ušetřilo ve výrobní dávce, protože vzorky chodí podle potřeb, ale díky časové úspoře ušetříme hodinové sazby stroje a náklady na zaměstnance (zaměstnanec se může věnovat jiné práci).

## 13 Závěr

Cílem diplomové práce byla racionalizace obrábění vzorků pro trhací zkoušku v podmínkách společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s.

Teoretická část diplomové práce byla zaměřena na rozbor mechanických zkoušek a řídicí systémy NC obráběcích strojů, způsoby programování CNC strojů a struktury NC programů.

Praktická část diplomové práce byla provedena v akreditované laboratoři společnosti AMO na CNC soustruhu Accuway UT-200 s řídicím systémem FANUC, na kterém se obrábí devět různých druhů vzorků pro trhací zkoušku. Hlavním požadavkem managementu společnosti AMO bylo zrevidovat a zpřehlednit řezné podmínky u všech NC programů prováděné na CNC soustruhu. Z toho důvodu vznikla tato diplomová práce. Podezření managementu se potvrdilo, více méně všechny programy je třeba přeprogramovat a nastavit nové řezné podmínky. Téměř u všech NC programů byla nastavena nevhodná řezná rychlost i posuvy. Když už byla řezná rychlost nastavena správně, tak byl program omezen otáčkami, tudíž byla skutečná řezná rychlost daleko menší, než vyžaduje VBD. Tím klesá produktivita a nefunguje správně utvařeč a odchod třísky z VBD. Protože ve firmě existují dvě sady nožových držáků a v zadání není požadavek na nákup třetí sady, bylo dalším požadavkem managementu vhodně navrhnout rozdělení obráběných materiálů do dvou kategorií. Po konzultaci s odborníky z firmy Pramet bylo navrženo rozdělení na kategorii oceli a kategorii litiny a tvrdé, kalené materiály. Součástí diplomové práce byl také návrh nových VBD. Je potřeba nahradit typ destiček VCMT, které se vyrábí už jen v omezeném sortimentu a utvařeč třísky UM, který se již nevyrábí vůbec. Po konzultaci s odborníky ve firmě Pramet doporučuji typy destiček VBMT a utvařeč RM, které jsou vhodné pro obrábění požadovaných materiálů a u kterých může být výhodou upínání do stejného nožového držáku.

V závěru diplomové práce je uvedeno technicko-ekonomické zhodnocení, které se zaměřuje na strojní časovou úsporu. Zavedením nových řezných podmínek při současných nástrojích se u programu 1050 zkrátí 30%, u programu 1080 se zkrátí 25,2%, u programu 1051 se zkrátí 15,6%, u programu 2031 se zkrátí 12,2% a u programu 1471 se zkrátí 21,6% strojního času. Při zavedení nových břitových destiček a nastavení řezných podmínek se u programu 1050 zkrátí 44,2%, u programu 1080 se zkrátí 35,2%, u programu 1051 se zkrátí 31,4%, u programu 2031 se zkrátí 36,2% a u programu 1471 se zkrátí 40,5% strojního času.

## **14 Seznam příloh**

Příloha A – NC program 1050

Příloha B – NC program 1051

Příloha C – NC program 1080

Příloha D – NC program 1680

Příloha E – NC program 1261

Příloha F – NC program 2031

Příloha G – NC program 1250

Příloha H – NC program 1290

Příloha I – NC program 1471

**Příloha A – NC program 1050**

%	G96S150M8
O1050	G0X250.Z88.
G1120	G0X22.
G28U0	G71U1.R0.5
G28W0	G71P50Q60U0.3W0.3F0.2
G54G21G90G99G40	N50G1X10.4F0.3
T0101	G1Z50.2F0.13
M01	G2X20.Z45.I5.2K5.2R5.2
M14	N60G1X21.
G50S2100M3	G28U0
G96S110M8	G28W0
G0X250.Z90.	M9
G0X22.	G54G21G90G99G40
G1X20.5Z90.F0.2	T0505
G71U1.2R0.5	M01
G71P10Q20U0.35W0.35F0.3	G50S2600M3
N10G1X10.5Z85.	G96S180M8
G1Z74.	G41G0X250.0Z50.
N20G1X20.Z68.	X25.Z45.
G1X25.Z80.	G1X20.F0.08
G28U0	G3X10.Z50.2R5.2
G28W0	G1Z104.8
M9	G3X20.Z110.R5.2
G54G21G90G99G40	G40G1X21.0Z105.0
T0303	G28U0
M01	G28W0
G50S2500M3	M9
G96S150M8	G54G21G90G99G40
G0X250.0Z82.	T0202
G0X22.	M01
G71U1.R0.5	G50S2600M3
G71P30Q40U0.3W0.3F0.2	G96S110M8
N30G1X10.4F0.3	G0X250.0Z29.
G1Z104.8F0.13	X25.
G3X20.Z110.I5.2K5.2R5.2	G1X18.F0.1
N40G1X21.	G0X40.
G28U0	G28U0
G28W0	G28W0
M9	M09M5
G54G21G90G99G40	M15
T0202	M30
M01	%
G50S2500M3	



**Příloha B – NC program 1051**

%	G71P50Q60U0.35W0.35F0.2	N90G1X15.75
O1051	N50G1X10.4F0.3	G1Z23.0F0.13
G1120		N100G1X20.0
M14		
G28U0	G1Z50.2F0.13	
G28W0	G2X20.Z45.I5.2K5.2R5.2	G28U0
G54G21G90G99G40	N60G1X21.	G28W0
T0101	G28U0	M9
M01	G28W0	G54G21G90G99G40
G50S2100M3	M9	T0202
G96S110M8	G54G21G90G99G40	M01
G0X250.0Z90.	T0505	G50S2300M3
X22.	M01	G96S110M8
G1X20.5Z90.F0.1	G50S3000M3	G0X250.Z30.
G71U1.2R0.5	G96S180M8	G0X18.
G71P10Q20U0.35W0.35F0.2	G41G0X250.0Z50.	G1X14.2F0.13
N10G1X10.5Z85.	X25.Z45.	G1Z23.F0.13
G1Z74.	G1X20.F0.05	G0X15.Z29.5
N20G1X20.Z68.	G3X10.Z50.2R5.2	G1X13.0F0.13
G70P10Q20F0.1	G1Z114.8	G1Z23.F0.13
G1X25.Z80.	G3X20.Z120.0R5.2	G28U0
G28U0	G40G1X25.Z100.	G28W0
G28W0	G28U0	M9
M9	G28W0	G54G21G90G99G40
G54G21G90G99G40	M9	T0707
T0303	G54G21G90G99G40	G50S1000M3
M01	T0303	G96S130M8
G50S2500M3	M01	G0X250.Z139.0
G96S150M8	G50S2300M3	G0X15.8
G0X250.0Z82.	G96S150M8	G76P020060Q100R100
G0X22.	G0X250.0Z115.0	G76X13.45Z115.0P1227Q080R0
G71U1.R0.5	G0X22.0	F2.0P2000
G71P30Q40U0.35W0.35F0.2	G71U1.R0.5	G28U0
N30G1X10.4F0.3	G71P70Q80U0.W0.F0.2	G28W0
G1Z114.8F0.13	N70G1X15.75	M9G54G21G90G99G40
G3X20.Z120.0I5.2K5.2R5.2	G1Z139.0F0.13	T0606
N40G1X21.	N80G1X20.	G50S1000M3
G28U0	G28U0	G96S130M8
G28W0	G28W0	G0X250.Z48.
M9	M09	G0X15.8
G54G21G90G99G40	G54G21G90G99G40	G76P020060Q100R100
T0202	T0202	G76X13.45Z28.P1227Q080R0F2.0
M01	M01	P2000
G50S2500M3	G50S2300M3	G28U0
G96S150M8	G96S150M8	G28W0
G0X250.Z88.	G0X250.Z48.	M9M05
G0X22.	G0X22.	M15
G71U1.R0.5	G71U1.0R0.5	M30
	G71P90Q100U0.W0.F0.2	%

**Příloha C – NC program 1080**

```

%
O1080
G1120
G28U0
G28W0
G54G21G90G99G40
T0101
M01
M14
G50S2100M3
G96S110M8
G0X250.Z90.
G0X22.
G1X20.5Z90.F0.2
G71U1.2R0.5
G71P10Q20U0.35W0.35F0.3
N10G1X10.5Z85.
G1Z74.
N20G1X20.Z68.
G1X25.Z80.
G28U0
G28W0
M9
G54G21G90G99G40
T0303
M01
G50S2500M3
G96S150M8
G0X250.0Z82.
G0X22.
G71U1.R0.5
G71P30Q40U0.3W0.3F0.2
N30G1X10.4F0.3
G1Z114.8F0.13
G3X20.Z120.0I5.2K5.2R5.2
N40G1X21.
G28U0

```

```

G28W0
M9
G54G21G90G99G40
T0202
M01
G50S2500M3
G96S150M8
G0X250.Z88.
G0X22.
G71U1.R0.5
G71P50Q60U0.3W0.3F0.2
N50G1X10.4F0.3
G1Z35.2F0.13
G2X20.Z30.0I5.2K5.2R5.2
N60G1X21.
G28U0
G28W0
M9
G54G21G90G99G40
T0505
M01
G50S2600M3
G96S180M8
G41G0X250.0Z35.0
X25.Z30.0
G1X20.F0.08
G3X10.Z35.2R5.2
G1Z114.8
G3X20.Z120.0R5.2
G40G1X21.0Z115.0
G28U0
G28W0
M09M5
M15
M30
%

```

**Příloha D – NC program 1680**

%	T0202
O1680	M01
G1120	G50S2500M3
M14	G96S180M8
G28U0	G0X250.Z115.0
G28W0	G0X33.
G54G21G90G99G40	G71U1.R0.5
T1010	G71P60Q70U1.0W0.35F0.15
M01	N60G1X16.0
G50S2100M3	G1Z57.0
G96S150M08	G2X24.0Z53.0R4.0
G0X250.Z120.0	G1X30.0
G0X33.	G1Z24.0
G1X30.5Z120.0F0.2	N70G1X33.0
G71U1.2R0.5	G0Z55.0
G71P10Q20U1.0W0.35F0.2	G1X30.0F0.35
N10G1X16.0Z115.0	G1Z24.0F0.15
N20G1Z100.0	G0X30.5Z28.0
N30G1X32.5Z95.0	G1X28.0F0.15
G28U0	G1Z24.0F0.15
G28W0	G1X33.0F0.15
M9	G28U0
G54G21G90G99G40	G28W0
T0303	M9
M01	G54G21G90G99G40
G50S2500M3	T0505
G96S180M8	M01
G0X250.0Z112.0	G50S3000M3
G0X33.	G96S150M8
G71U1.R0.5	G41G0X250.0Z54.0
G71P40Q50U1.0W0.35F0.15	G0X32.0Z53.0
N40G1X16.0	G1X24.0F0.08
G1Z153.0	G3X16.0Z57.0R4.0
G3X24.0Z157.0R4.0	G1Z153.0
G1X30.0	G3X24.0Z157.0R4.0
G1Z182.0	G1X30.5
N50G1X33.0	G40G0X32.0Z155.0
G0Z155.0	G28U0
G1X30.0F0.35	G28W0
G1Z182.0F0.15	M09M5
G28U0	M15
G28W0	M30
M9	%
G54G21G90G99G40	

**Příloha E – NC program 1261**

%	G1Z59.71F0.13	G28W0
O1261	G2X20.Z55.0I5.2K5.2R5.2	M9
G1120	N60G1X21.	G54G21G90G99G40
M14	G28U0	T0202
G28U0	G28W0	M01
G28W0	M9	G50S2300M3
G54G21G90G99G40	G54G21G90G99G40	G96S130M8
T1010	T0505	G0X250.Z30.
M01	M01	G0X20.0
G50S2100M3	G50S3000M3	G1X16.7F0.13
G96S110M8	G96S180M8	G1Z23.F0.13
G0X250.0Z110.0	G41G0X250.0Z60.0	G0X17.2Z29.
X22.	G0X25.0Z54.51	G1X15.1F0.13
G1X20.5Z110.0F0.15	G1X22.4F0.05	G1Z23.F0.13
G71U1.2R0.5	G3X12.0Z59.71R5.2	G0X15.6Z28.0
G71P10Q20U0.35W0.35F0.2	G1Z130.29	G1X14.0F0.13
N10G1X12.5Z105.0	G3X20.0Z135.0R5.2	G1Z23.0F0.13
G1Z90.0	G40G1X30.0Z128.0	G28U0
N20G1X20.5Z85.0	G28U0	G28W0
G1X25.Z80.	G28W0	M9
G28U0	M9	G54G21G90G99G40
G28W0	G54G21G90G99G40	T0707
M9	T0303	G50S1000M3
G54G21G90G99G40	M01	G96S130M8
T0303	G50S2300M3	G0X250.Z163.0
M01	G96S180M8	G0X17.8
G50S2500M3	G0X250.0Z130.0	G76P020060Q100R100
G96S160M8	G0X22.0	G76X14.65Z130.0P1623Q080R
G0X250.0Z100.0	G71U1.R0.5	0F2.5P2000
G0X22.	G71P70Q80U0.W0.F0.2	G28U0
G71U1.R0.5	N70G1X17.8	G28W0
G71P30Q40U0.35W0.35F0.2	G1Z163.0F0.13	M9
N30G1X12.4F0.2	N80G1X20.5	G54G21G90G99G40
G1Z130.29F0.13	G28U0	T0606
G3X20.Z135.0I5.2K5.2R5.2	G28W0	G50S1000M3
N40G1X21.	M09	G96S130M8
G28U0	G54G21G90G99G40	G0X250.Z59.0
G28W0	T0202	G0X17.8
M9	M01	G76P020060Q100R100
G54G21G90G99G40	G50S2300M3	G76X14.65Z25.0P1623Q080R0
T0202	G96S180M8	F2.5P2000
M01	G0X250.Z60.0	G28U0
G50S2500M3	G0X22.	G28W0
G96S160M8	G71U1.0R0.5	M9M05
G0X250.Z108.0	G71P90Q100U0.W0.F0.2	M15
G0X22.	N90G1X17.8	M30
G71U1.R0.5	G1Z23.0F0.13	%
G71P50Q60U0.35W0.35F0.2	N100G1X20.5	
N50G1X12.4F0.2	G28U0	

**Příloha F – NC program 2031**

%	G1X25.0F0.15
O2031	G1Z150.0
G1120	G1X31.0Z146.0F0.15
M14	
G28U0	G28U0
G28W0	G28W0
G54G21G90G99G40	M9
T1010	G54G21G90G99G40
M01	T0505
G50S2500M03	M01
G96S150M08	G50S3000M3
G0X250.0Z112.0	G96S130M8
G0X35.0	G42G0X250.0Z112.47
G1X30.5Z112.0F0.15	G0X31.0
G71U1.5R0.5	G1X30.0Z112.47F0.05
G71P10Q20U0.35W0.35F0.15	G02X28.0Z83.69R25.5F0.08
N10G1X21.5Z100.0	G40G0X31.0
G1Z93.5	G28U0
N20G1X30.5Z82.0	G28W0
G1X35.0Z100.0	M9
G28U0	G54G21G90G99G40
G28W0	T0707
M09	G50S600M3
G54G21G90G99G40	G96S130M08
T0202	G0X250.0Z152.0
M01	G0X35.0
G50S2500M3	G1X29.8
G96S180M8	G76P020060Q100R100
G0X250.Z152.0	G76X27.3Z111.0P1280Q080R0F2.0
G0X35.0	G28U0
G1X32.5Z152.0F0.15	G28W0
G71U1.5R0.5	M9
G71P30Q40U1.0W0.35F0.15	G54G21G90G99G40
N30G1X30.0F0.15	T0606
G1Z40.0F0.15	G50S600M3
N40G1X32.5	G96S130M08
G0Z152.0	G0X250.0Z88.0
G1X29.8F0.35	G0X35.0
G1Z40.0F0.15	G1X29.8
G0X30.5Z47.0	G76P020060Q100R100
G1X30.0F0.15	G76X27.3Z43.0P1280Q080R0F2.0
G1X28.0Z45.0F0.1	G28U0
G1Z40.0	G28W0
G0X30.0Z47.0	M09M05
G1X26.0Z45.0F0.1	M15
G1Z40.0F0.15	M30
G1X33.0F0.15	
G0Z152.0	
G0X30.0	%

**Příloha G – NC program 1250**

%	M9
O1250	G54G21G90G99G40
G1120	T0808
M14	M01
G28U0	G50S2500M3
G28W0	G96S180M8
G54G21G90G99G40	G0X250.Z71.0
T1010	G0X33.Z82.
M01	G71U1.R0.5
G50S2100M3	G71P50Q60U0.35W0.35F0.2
G96S110M08	N50G1X12.9F0.3
G0X250.Z95.0	G1Z44.92F0.13
G0X33.	G2X30.0Z35.0I10K9.92R10.
G1X30.5Z95.0F0.2	N60G1X30.
G71U1.5R0.5	G28U0
G71P10Q20U0.35W0.35F0.35	G28W0
N10G1X13.0Z85.0	M9
G1Z68.0	G54G21G90G99G40
N20G1X30.5Z58.0	T0404
G1X35.0Z80.0	M01
G28U0	G50S3000M3
G28W0	G96S180M8
M9	G41G0X250.0Z45.
G54G21G90G99G40	X35.Z35.
T0909	G1X30.F0.07
M01	G3X12.5Z45.R10.
G50S2500M3	G1Z105.
G96S180M8	G3X30.Z115.R10.
G0X250.0Z80.0	G1X35.G40G1Z95.
G0X33.Z79.592	G28U0
G71U1.R0.5	G28W0
G71P30Q40U0.35W0.35F0.2	M09M5
N30G0X12.9	M15
G1Z105.078F0.13	M30
G3X30.Z115.I10K9.84R10.	
N40G1X30.653	
G28U0	%
G28W0	

**Příloha H – NC program 1290**

%	G28W0
O1290	M9
G1120	G54G21G90G99G40
G28U0	T0808
G28W0	M01
G54G21G90G99G40	G50S2000M3
T1010	G96S120M8
M01	G0X250.Z80.0
M14	G0X25.0
G50S2100M3	G71U1.5R0.5
G96S110M8	G71P50Q60U0.3W0.3F0.2
G0X250.Z110.0	N50G1X12.7F0.2
G0X25.0	G1Z40.0F0.13
G1X24.5Z110.0F0.2	G2X25.0Z30.0I10.0K10.0R10.0
G71U1.2R0.5	N60G1X25.0
G71P10Q20U0.35W0.35F0.2	G28U0
N10G1X13.0Z105.0	G28W0
G1Z70.0	M9
N20G1X24.5Z65.0	G54G21G90G99G40
G1X30.0Z70.0	T0404
G28U0	M01
G28W0	G50S2000M3
M9	G96S120M8
G54G21G90G99G40	G41G0X250.0Z50.
T0909	X30.0Z30.0
M01	G1X25.0F0.08
G50S2000M3	G3X12.5Z40.0R10.0
G96S120M8	G1Z180.0
G0X250.0Z95.0	G3X25.0Z190.0R10.0
G0X25.0	G40G1X35.0Z170.0F0.2
G71U1.5R0.5	G28U0
G71P30Q40U0.3W0.3F0.2	G28W0
N30G1X12.7F0.2	M09M5
G1Z180.0F0.13	M15
G3X25.0Z190.0I10.K10.R10.0	M30
N40G1X25.0	%
G28U0	

**Příloha I – NC program 1471**

%	N50G1X14.4F0.2	G28U0
O1471	G1Z59.71F0.13	G28W0
G1120	G2X20.Z55.0I5.2K5.2R5.2	M9
M14	N60G1X21.	G54G21G90G99G40
G28U0	G28U0	T0202
G28W0	G28W0	M01
G54G21G90G99G40	M9	G50S2300M3
T1010	G54G21G90G99G40	G96S110M8
M01	T0505	
G50S2100M3	M01	G0X250.Z30.
G96S110M8	G50S3000M3	G0X20.0
G0X250.0Z90.	G96S180M8	G1X18.5F0.13
X22.	G41G0X250.0Z65.0	G1Z23.F0.13
G1X20.5Z90.F0.1	G0X25.0Z54.51	G0X19.0Z29.
G71U1.2R0.5	G1X22.2F0.05	G1X17.0F0.13
G71P10Q20U0.35W0.35F0.2	G3X14.0Z60.2R5.2	G1Z23.F0.13
N10G1X14.5Z85.	G1Z140.29	G0X17.5Z28.0
G1Z74.	G3X20.Z145.0R5.2	G1X15.5F0.13
N20G1X20.5Z68.	G40G1X25.Z130.0	G1Z23.0F0.13
G70P10Q20F0.1	G28U0	G28U0
G1X25.Z80.	G28W0	G28W0
G28U0	M9	M9
G28W0	G54G21G90G99G40	G54G21G90G99G40
M9	T0303	T0707
G54G21G90G99G40	M01	G50S1000M3
T0303	G50S2300M3	G96S130M8
M01	G96S180M8	G0X250.Z174.0
G50S2500M3	G0X250.0Z140.0	G0X19.8
G96S180M8	G0X22.0	G76P020060Q100R100
G0X250.0Z82.	G71U1.R0.5	G76X16.65Z140.0P1590Q080R
G0X22.	G71P70Q80U0.W0.F0.2	0F2.5P2000
G71U1.R0.5	N70G1X19.8	G28U0
G71P30Q40U0.35W0.35F0.2	G1Z173.0F0.13	G28W0
N30G1X14.4F0.2	N80G1X20.5	M9G54G21G90G99G40
G1Z140.29F0.13	G28U0	T0606
G3X20.Z145.0I5.2K5.2R5.2	G28W0	G50S1000M3
N40G1X21.	M09	G96S130M8
G28U0	G54G21G90G99G40	G0X250.Z59.0
G28W0	T0202	G0X19.8
M9	M01	G76P020060Q100R100
G54G21G90G99G40	G50S2300M3	G76X16.75Z25.0P1590Q080R0
T0202	G96S180M8	F2.5P2000
M01	G0X250.Z60.0	G28U0
G50S2500M3	G0X22.	G28W0
G96S180M8	G71U1.0R0.5	M9M05
G0X250.Z88.	G71P90Q100U0.W0.F0.2	M15
G0X22.	N90G1X19.8	M30
G71U1.R0.5	G1Z23.0F0.13	%
G71P50Q60U0.35W0.35F0.2	N100G1X20.0	



# 15 Seznam použité literatury

- [1] BOTHE, O. *Strojírenská technologie 1*. Praha: Sobotáles, 1997. 128s. ISBN 80-85920-42-5
- [2] BOTHE, O. *Strojírenská technologie 2*. Praha: Sobotáles, 1999. 160s. ISBN 80-85920-58-1
- [3] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. *Detailní informace o produktu* [online]. 2010 [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://csnonline.unmz.cz/Detailnormy.aspx?k=84656>
- [4] ČSN 42 0381. *Kovové materiály: Zkouška rázem v ohybu metodou Charpy - Část 1: Zkušební metoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2010. 28s.
- [5] O společnosti. *ArcelorMittal Ostrava a.s.* [online]. 2015 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://ostrava.arcelormittal.com/>
- [6] DORDA, David. *Racionalizace obrábění strojních součástí s využitím CNC obráběcích strojů*. Bakalářská práce. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. 50s.
- [7] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-0980-9.
- [8] KELLER, Petr. *PROGRAMOVÁNÍ A ŘÍZENÍ CNC STROJU: PREZENTACE PREDNÁŠEK – 2. ČÁST* [online]. 2005 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.kvs.tul.cz/getFile/case:get/id:14229>
- [9] ADAMEC, Jaromír; SMOLKOVÁ, Hana. *Příklady programů pro číslicově řízené obráběcí stroje*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2004. 72 s. ISBN 80-248-0250-3.
- [10] *Ústav výrobních strojů a zařízení: Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii* [online]. 2010. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: [http://web.rcmt.cvut.cz/users/cerny/NCR\\_dopl/FANUC\\_CVUT\\_2010\\_04.pdf](http://web.rcmt.cvut.cz/users/cerny/NCR_dopl/FANUC_CVUT_2010_04.pdf)
- [11] Pramet. 2015. *Pramet* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.pramet.cz/>
- [12] *Vnitropodnikové materiály: FANUC series Oi-TD* [Návod pro obsluhu]. [2010]. [cit. 2015-05-10].
- [13] JANDEČKA, Karel a kol. *Programování NC strojů*. Plzeň : ZČU Plzeň, 2000. 159 s. ISBN 80-7082-692-4.
- [14] CNC soustruhy se šikmým ložem. *Mach Trade s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.machtrade.cz/cs/cnc-soustruhy-se-sikmym-lozem-a-osou-y-a-protivretenem/ut-200s-sm-ut-300y-ly-sm-sy>

### **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat především mému vedoucímu práce panu Ing. Jiřímu Kratochvílovi, Ph.D. a svému vedoucímu ze společnosti ArcelorMittal a.s. Ing. Luboši Heincovi za vedení při vypracování diplomové práce a cenné připomínky a rady, které zvýšily úroveň celé práce.

Poděkování patří také nejbližším v rodině, kteří mě podporovali nejen v psaní diplomové práce, ale hlavně v celém studiu.

V Ostravě dne: 18.5.2015

Martin Bilík