

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní	Katedra obrábění a montáže
Magisterský studijní program:	strojní inženýrství
Zaměření:	strojírenská technologie a materiály

Vliv opakovaného tepelného zpracování na obrobitelnost materiálu, jakost povrchu a mechanické vlastnosti obrobků při technologii soustružení

Influence of repeated heat treatment on machinability of materials, quality of surface and mechanical properties of workpiece during turning

Ing. Petra Pulíčková

Vedoucí práce: *Ing. et Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D.*

Konzultant: *Ing. Miloslav Ledvina*

Počet stran: 73

Počet příloh: 5

Počet tabulek: 18

Počet obrázků: 29

Počet grafů: 10

Datum 22.5.2017

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat paní Ing. et Ing. Štěpánce Dvořáčkové, Ph.D. za cenné informace a rady při zpracování diplomové práce a panu Ing. Miloslavu Ledvinovi za ochotu a pomoc při měření v laboratoři katedry KOM. Dále bych chtěla poděkovat panu Petru Brunclíkovi za všestrannou podporu a pomoc během celého studia.

Vliv opakovaného tepelného zpracování na obrobitelnost materiálu, jakost povrchu a mechanické vlastnosti obrobků při technologii soustružení

ANOTACE:

Diplomová práce se zabývá problematikou opakovaného tepelného zpracování materiálu a jeho vlivem na vlastnosti, které zásadním způsobem ovlivňují jeho využití. Předkládá dosavadní poznatky z oblasti soustružení a uvádí základní způsoby tepelného zpracování ocelí. Porovnává a vyhodnocuje výsledky experimentálního měření řezných sil při technologii soustružení, zvolených parametrů drsnosti povrchu a vybraných mechanických vlastností.

Klíčová slova: soustružení, tepelné zpracování, povrch, mechanické vlastnosti

Influence of repeated heat treatment on machinability of materials, quality of surface and mechanical properties of workpiece during turning

ANNOTATION:

The Master's dissertation deals with a question of repeated heat treatment of materials and its effect on material characteristics which significantly influence its use. It presents existing knowledge in the field of turning and basic ways of heat treatment of steel. It also compares and evaluates the results of experimental measurements of cutting forces as well as selected parameters of surface roughness and mechanical properties.

Key words: turning, heat treatment, surface, mechanical properties

Zpracovatel:

TU v Liberci, KOM

Dokončeno:

2017

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 73

Počet obrázků: 29

Počet příloh: 5

Počet grafů: 10

Počet tabulek: 18

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	9
1 Úvod	11
2 Teoretická část	12
2.1 Soustružení	12
2.1.1 Řezné podmínky při soustružení	13
2.1.2 Řezný nástroj	15
2.1.3 Geometrie břítu nástroje	16
2.1.4 Tvorba třísky	20
2.1.5 Řezné síly při soustružení	22
2.2 Tepelné zpracování oceli	23
2.2.1 Diagram Fe – Fe ₃ C	24
2.2.2 Způsoby tepelného zpracování	26
2.2.3 Žihání	26
2.2.4 Žihání s překrytalizací	27
2.2.5 Žihání bez překrytalizace	28
2.2.6 Kalení	28
2.2.7 Popouštění	29
2.2.8 Méně používané metody tepelného zpracování	30
3 Experimentální část	31
3.1 Příprava vzorků	31
3.1.1 Výchozí parametry vzorků	31
3.1.2 Řezné podmínky pro experimentální měření	32
3.1.3 Základní parametry experimentu	33
3.1.4 Popis strojního vybavení	35
3.1.5 Měřené parametry	43
4 Výsledky experimentálního měření vlivu tepelného zpracování na obrobitelnost materiálu při technologii soustružení	47
5 Výsledky experimentálního měření vlivu tepelného zpracování na drsnost povrchu při technologii soustružení	53
6 Výsledky experimentálního měření vlivu tepelného zpracování na mechanické vlastnosti při technologii soustružení	59
7 Diskuze výsledků vlivu opakovaného tepelného zpracování materiálu na jeho vlastnosti	62
8 Závěr	67
Seznam použité literatury	68

Seznam obrázků	70
Seznam tabulek.....	71
Seznam grafů	72
Seznam příloh	73

Seznam použitých zkratek a symbolů

Zkratka/ Symbol	Jednotka	Popis
<i>A₅</i>	[%]	tažnost
<i>A_g</i>	[%]	plastické prodloužení
<i>a_p</i>	[mm]	hloubka řezu
<i>Al</i>	[-]	chemická značka hliníku
<i>A_D</i>	[mm ²]	plocha jmenovitého průřezu třísky
<i>b_ε</i>	[mm]	velikost sražení špičky nástroje
<i>b_D</i>	[mm]	jmenovitá šířka třísky
<i>C</i>	[-]	chemická značka uhlíku
<i>D</i>	[mm]	průměr
<i>f</i>	[mm/ot]	posuv
<i>F</i>	[N]	výsledná řezná síla
<i>F_e</i>	[-]	chemická značka železa
<i>F_x</i>	[N]	axiální (posuvová) síla
<i>F_y</i>	[N]	radiální (přísuvová) síla
<i>F_z</i>	[N]	tangenciální (řezná) síla
<i>h_D</i>	[mm]	jmenovitá tloušťka třísky
<i>K_r</i>	[°]	nástrojový úhel nastavení hlavního ostří
<i>l</i>	[mm]	délka
<i>N</i>	[-]	chemická značka dusíku
<i>n</i>	[min ⁻¹]	otáčky
<i>R_a</i>	[μm]	průměrná aritmetická úchylnost profilu
<i>R_e</i>	[MPa]	mez kluzu
<i>R_{eH}</i>	[MPa]	horní mez kluzu
<i>R_{eL}</i>	[MPa]	dolní mez kluzu
<i>R_m</i>	[MPa]	mez pevnosti v tahu
<i>R_t</i>	[μm]	celková výška profilu

<i>Rz</i>	[μm]	největší výška profilu
<i>Si</i>	[-]	chemická značka křemíku
<i>Ti</i>	[-]	chemická značka titanu
<i>v_c</i>	[m/min]	řezná rychlost
<i>v_f</i>	[mm/min]	rychlost posuvu

1 Úvod

Obsahem diplomové práce je výzkum vlivu opakovaného tepelného zpracování zvoleného materiálu na jeho základní vlastnosti jako je obrobitelnost, kvalita povrchu nebo mechanické vlastnosti. V praxi tyto vlastnosti zásadním způsobem ovlivňují jak technologickou činnost tak výrobní a jejich znalost je nezbytnou součástí každé konstrukční práce.

Hlavním cílem diplomové práce je výzkum vlivu cyklického tepelného namáhání vzorků oceli jakosti 11368. Řeší problematiku obrobitelnosti materiálu, kvalitu povrchu a mechanických vlastností v závislosti na zvolených řezných podmínkách.

Zvolenými řeznými podmínkami byly různé kombinace otáček a posuvů při obrábění vzorků, které se následně měřily a vyhodnocovaly. Konstantními parametry byly zvoleny hloubka posuvu a laboratorní podmínky jako teplota, vlhkost, strojní vybavení.

Diplomová práce je rozdělena na 2 základní části – a to část teoretickou, experimentální.

V teoretické části diplomové práce jsou uvedeny poznatky z oboru soustružení, ve kterém jsou popsány řezné podmínky při soustružení, řezné nástroje, geometrie břítu nástroje, tvorba třísky a řezné síly. Dále je práce zaměřena na základní způsoby tepelného zpracování ocelí, které se nejvíce využívají v praxi. Popsána je problematika žíhání, kalení a popouštění. Celá teoretická část se opírá o odbornou literaturu.

Část experimentální obsahuje informace o vstupních polotovarech a výchozích parametrech vzorků, popisuje strojní vybavení pro jejich přípravu a seznamuje s jednotlivými metodami experimentů. Informuje o měřených parametrech a předkládá naměřená data včetně vyhodnocení k následné diskuzi.

2 Teoretická část

Teoretická část práce uvádí podstatné informace o soustružení a tepelném zpracování ocelí. Uvedené informace jsou obecně známe [1, 2, 5, 10, 15], avšak z hlediska řešené problematiky je nutné je alespoň v nezbytné míře uvést .

2.1 Soustružení

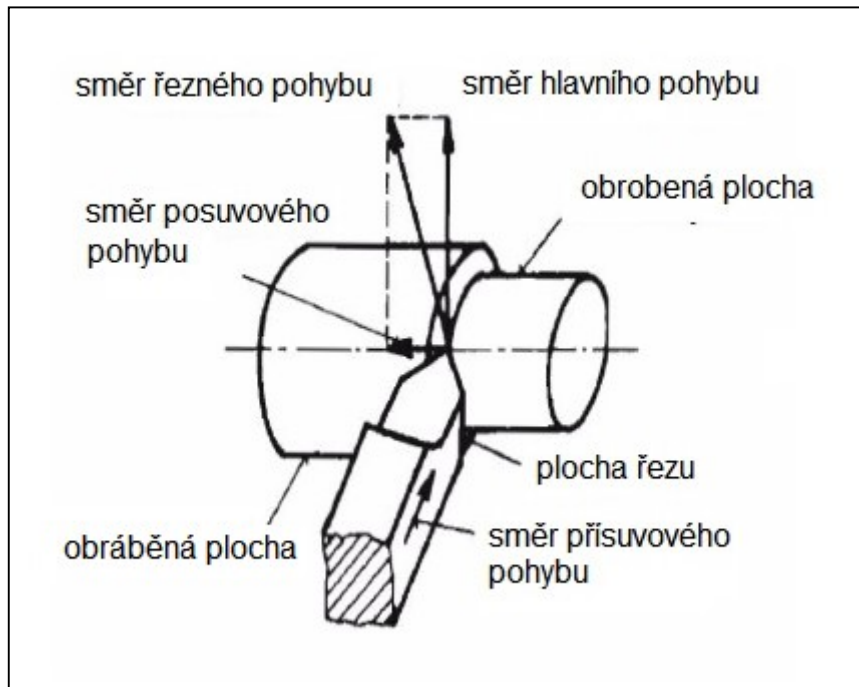
Soustružení je jednou z metod třískového obrábění pro výrobu součástí nejčastěji rotačních tvarů. Touto nejjednodušší a zároveň nejpoužívanější metodou třískového obrábění se v současné době vyrábí 40% všech součástí. Při soustružení dochází k oddělování přebytečné vnější nebo vnitřní vrstvy jednobřítým nástrojem, který se pohybuje rovnoběžně k ose rotace obrobku. Předpokladem pro vznik třísky je tvrdost činné části nástroje, která musí být vyšší než je tvrdost obráběného materiálu [2][10].

Má-li se uskutečnit proces řezání a s tím spojené oddělování materiálu od výchozího polotovaru, musí se nástroj pohybovat proti obrobku určitou rychlostí po určité dráze. Pro lepší orientaci v problematice je nutné seznámit se se základními pojmy a terminologií, které se na tuto problematiku vážou [2][3].

- **Obrobek** – je obráběná nebo částečně obrobená případně zcela obrobená součást.
- **Obráběná plocha** – plocha, která má být obráběna řezáním.
- **Obrobená plocha** – plocha získaná řezným procesem.
- **Plocha řezu** – plocha vznikající těsně za břitem nástroje.
- **Řezný pohyb** – pohyb mezi nástrojem a obrobkem.
- **Posuv** – pohyb nástroje po obrobku umožňující postupné oddělování třísek.

Z technologického pohledu je prioritní obrobená plocha, která se identifikuje souborem parametrů jako rozměr, tvar, struktura povrchu, vlastnostmi povrchové vrstvy. Na obrázku 1 jsou znázorněny jednotlivé plochy a základné pohyby [10].

Dále se podrobně seznámíme s těmi veličinami, které umožňují volbu řezných podmínek. Jsou to zejména řezná rychlost, posuv, tloušťka obráběné plochy, jmenovitá šířka třísky a jmenovitá tloušťka třísky [3].



Obrázek 1 Znázornění základní terminologie [10]

2.1.1 Řezné podmínky při soustružení

Volba řezných podmínek je nedílnou součástí každého technologického postupu a je závislá především na materiálu řezného nástroje, druhu stroje, obrobku i prostředí. Při obrábění vysokými řeznými rychlostmi vzniká v místě styku nástrojem s obrobkem značné množství tepla, které je potřeba minimalizovat. Použití řezných kapalin nám umožní nejenom efektivně odvést část vzniklého tepla a snížit tak tření v místě řezu, ale odplaví i vzniklé třísky [5].

Důležitou charakteristikou řezných podmínek při soustružení jsou řezné pohyby. Především hlavní řezný pohyb a posuvový pohyb.

Hlavní řezný pohyb (v_c) je pohyb rotační a vykonává ho obrodek. Z povrchu rotujícího obrobku dochází prostřednictvím nože k odřezávání třísky [10].

Posuvový pohyb (v_f) je pohyb vedlejší a většinou přímočarý realizovaný nástrojem. Tento pohyb spolu s hlavním pohybem umožňuje plynulé nebo přerušované odřezávání třísky [10].

Řezná rychlost je rychlost hlavního řezného pohybu a definuje se jako obvodová rychlost měřená na obráběné ploše. Pro různé druhy materiálů nástrojů a obrobků se používá i různých řezných rychlostí. Jsou v rozsahu od $10 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ do $600 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. Obvodovou řeznou rychlost v místě soustružení lze určit ze vztahu:

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

kde:

D – průměr obráběné plochy [mm],

n – počet otáček vřetene [min^{-1}].

Posuv je dráha, kterou vykoná nástroj za jednu otáčku obrobku. Při hrubování se pohybuje v rozmezí 0,4 až 3,5 mm, při dokončovacích operacích 0,06 až 0,3 mm a při jemném soustružení 0,03 až 0,05 mm. Při soustružení se nástroj posune během jedné otáčky o hodnotu posuvu, proto lze stanovit rychlost posuvu v_f v závislosti na otáčkách vřetene následovně [13]:

$$v_f = f * n \text{ [mm.min}^{-1}\text{]} \quad (2)$$

kde:

f – posuv na otáčku [mm],

n – počet otáček vřetene [min^{-1}].

Tloušťka obráběné vrstvy a_p se při soustružení pohybuje v řádu několika desetin mm až po několik mm. Velikost posuvu, hloubka řezu, úhel nastavení a tvar úseku řezné hrany, která je v záběru mají vliv na velikost a tvar průřezu třísky. Rozměr průřezu třísky pro základní druhy soustružení lze vypočítat ze vztahu [13]:

pro podélné soustružení:

$$a_p = 0,5 * (D - d) \text{ [mm]}, \quad (3)$$

pro čelní soustružení:

$$a_p = L - l \text{ [mm]}, \quad (4)$$

kde:

D – průměr obráběné plochy [mm],

d – průměr obrobené plochy [mm],

L – délka obráběné plochy [mm],

l – délka obrobené plochy [mm].

Jmenovitá šířka třísky b_D a jmenovitá tloušťka třísky h_D se vypočítají ze vztahů:

$$b_D = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \text{ [mm]}, \quad (5)$$

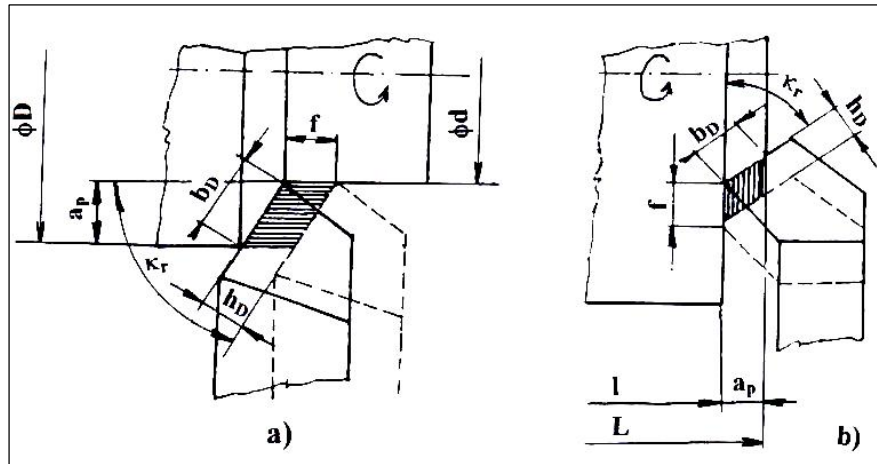
$$h_D = f * \sin \kappa_r \text{ [mm]}, \quad (6)$$

kde:

κ_r – nástrojový úhel nastavení hlavního ostří.

Jmenovitý průřez třísky A_D se stanoví ze vztahu:

$$A_D = b_D * h_D = a_p * f \quad [mm^2]. \quad (7)$$



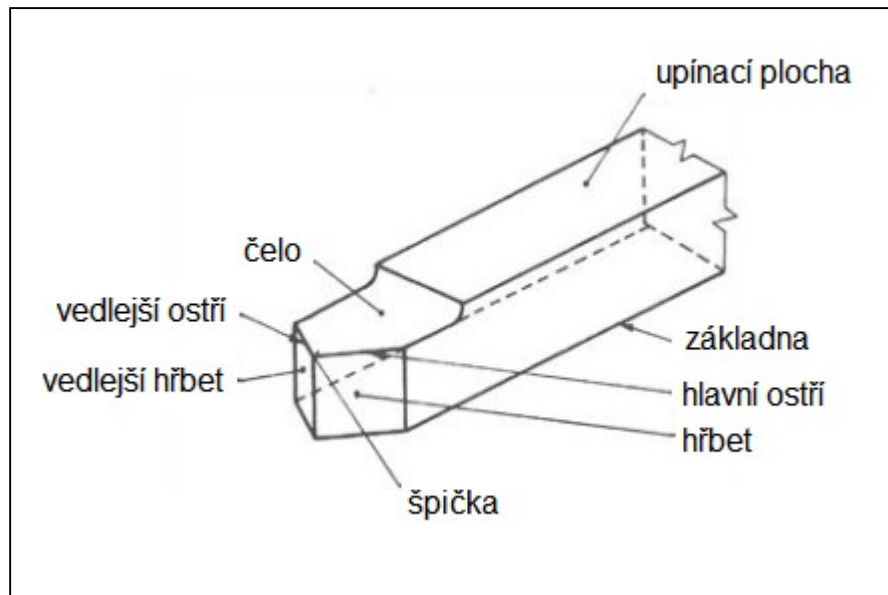
Obrázek 2 Průřez třísky při soustružení a) válcová plocha, b) čelní plocha; a_p – šířka záběru ostří, b_D – jmenovitá šířka třísky, h_D – jmenovitá tloušťka třísky, κ_r – nástr. úhel nastavení hlavního ostří, D – průměr obráběné plochy, d – průměr obrobené plochy, L – délka obráběné plochy, l – délka obrobené plochy [13]

2.1.2 Řezný nástroj

Prostřednictvím řezného nástroje spolu s obrobkem se realizuje řezný proces. Řezný nástroj má část funkční (břit), část upínací a tělo nástroje. Upínací část nástroje navazuje přímo na část řeznou nebo prostřednictvím těla nástroje [1].

Na obrázku 3 jsou jednotlivé části řezného nástroje znázorněny a popsány v následujícím textu.

- **Břit** – je řeznou částí nástroje obvykle ve tvaru klínu. Plochy tvořící tento klín nazývají čelo, hřbet a vedlejší hřbet [10].
- **Ostří** – je průsečnice plochy čela a plochy hřbetu. Průsečnice čela a vedlejšího hřbetu se nazývá vedlejší ostří. Ostří má ve skutečnosti nepravidelný prostorový tvar. Podle počtu břitů na jednom nástroji rozeznáváme nástroje jednobřité, několikabřité nebo dokonce mnohobřité [10].



Obrázek 3 Popis částí řezného nástroje [10]

2.1.3 Geometrie břítu nástroje

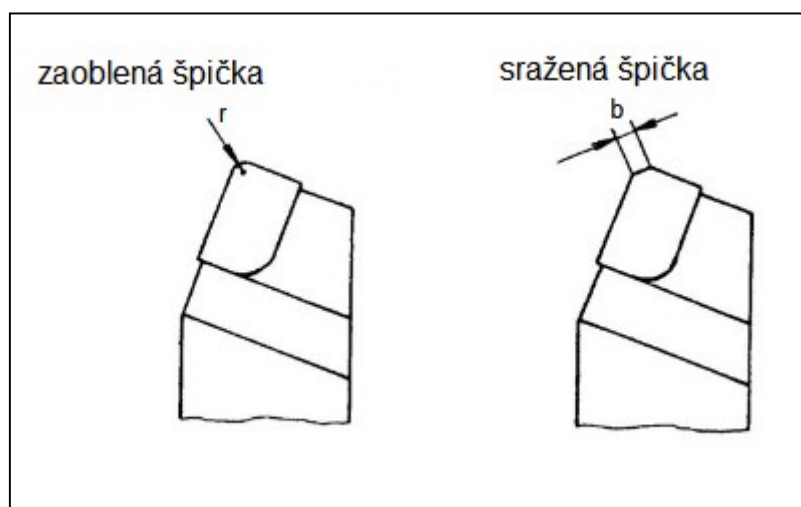
Geometrický tvar břítu nástroje značně ovlivňuje řezný proces. Na tvaru břítu závisí velikost řezných sil, jakost obrobené plochy, životnost nástroje. Geometrii břítu je možné popsat staticky pomocí nástrojových úhlů nebo kinematicky pomocí pracovních úhlů vycházejících z polohy břítu vůči obrobku [4].

Nástrojové řezné úhly

Jsou to úhly, které jednoznačně popisují tvar břítu v klidu. Řadíme mezi ně úhel špičky, úhel nastavení hlavního ostří, úhel nastavení vedlejšího ostří, úhel čela, hřbetu, břítu, úhel řezu a sklonu hlavního ostří.

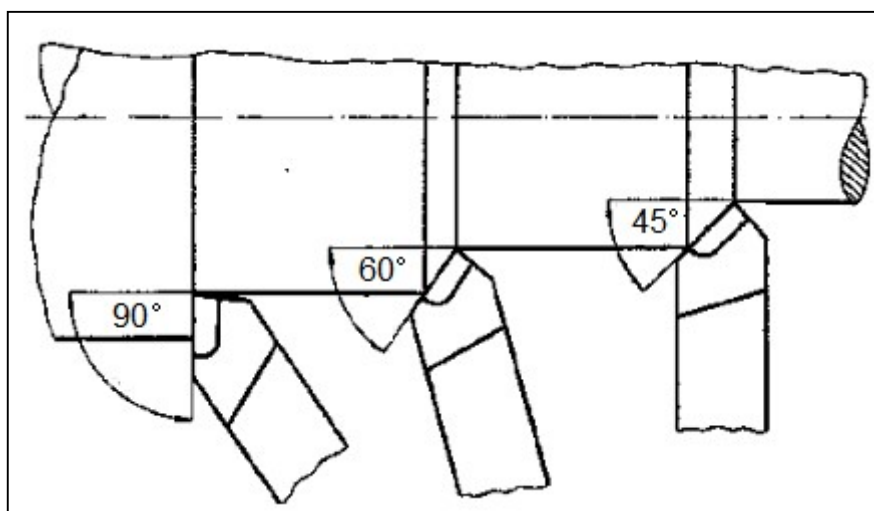
- **Úhel špičky ϵ_r** – úhel je vymezen hlavním a vedlejším ostřím. Poloměr špičky r_ϵ udává její tvar, ovlivňuje drsnost obrobené plochy a také opotřebení břítu. Poloměr nikdy není nulový, vždy se jedná o zaoblení této části nebo její sražení jak můžeme vidět na obrázku 4 [10].

Poloměr špičky se volí podle povahy práce v rozmezí $r_\epsilon = 0,2$ až 5 mm.



Obrázek 4 Geometrie špičky bříty [11]

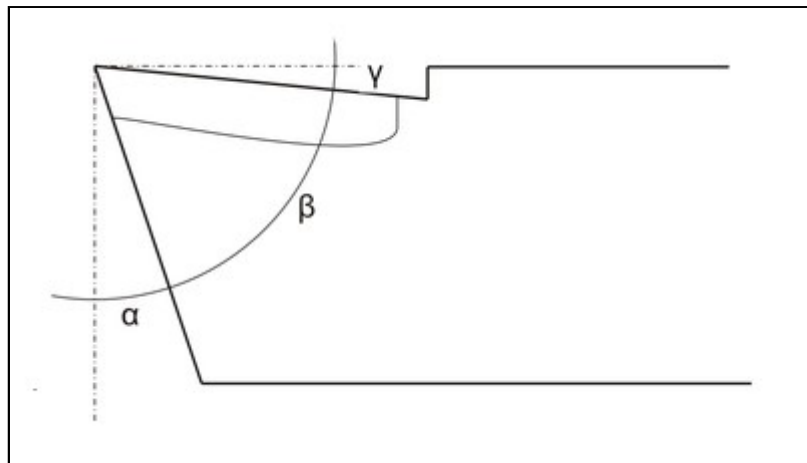
- **Úhel nastavení hlavního ostří α_r** – úhel svírá hlavní ostří s osou obrábění. Brousí se v rozmezí 0° až 90° . Úhel má vliv na tvar třísky, její tloušťku a průřez. Průřez je poměr tloušťky a šířky třísky a ovlivňuje velikost měrného řezného odporu a velikost zatížení bříty. Ovlivňuje tím průhyb obrobku. Na obrázku 5 znázornění úhlů u vybraných nástrojů [10].



Obrázek 5 Úhel nastavení hlavního ostří[5]

- **Úhel nastavení vedlejšího ostří α_r'** - úhel, který svírá vedlejší ostří se směrem posuvu nástroje. Tato hodnota ovlivňuje drsnost obrobku. Čím bude tento úhel menší, tím bude drsnost obrobku menší [10].

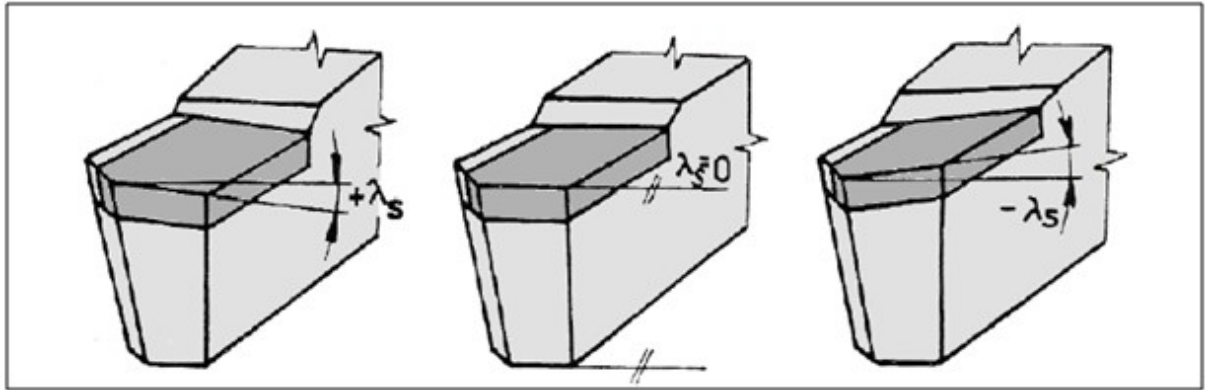
- **Úhel čela γ_0** – tento úhel má největší vliv na řezný proces. Zmenšuje-li se úhel čela nebo dosahují-li hodnoty úhlu čela záporných hodnot, zvětšuje se intenzita plastických deformací a velikost tření mezi čelem nástroje a odcházející třískou. Odchod třísky probíhá na čelní straně nástroje. Naopak zvětšuje-li se úhel čela, má to za následek mechanické namáhání břitu, což může vést i k jeho poškození. Z toho vyplývá, že při obrábění materiálů s vyšší pevností, volíme tento úhel menší než u materiálů, které vykazují nižší meze pevnosti. V praxi se tento úhel volí v rozmezí od 40° do -15° [10].



Obrázek 6 Úhly na řezném nástroji [5]

- **Úhel hřbetu α_0** – ovlivňuje polohu hřbetu vůči ploše řezu a tím i velikost tření mezi hřbetem a plochou řezu. Čím menší je úhel hřbetu, tím více se zvětšuje styková plocha hřbetu s plochou řezu a tím se také zvětšuje tření mezi těmito plochami. Větší úhly hřbetu jsou výhodnější při obrábění většími řeznými rychlostmi nebo při obrábění menšími posuvy. Úhel se pohybuje v rozmezí od 3° do 20° , optimální hodnotou pro běžné obrábění je interval od 8° do 12° [11].
- **Úhel břitu β_0** – úhel je omezen rovinou čela a hřbetu, je základním úhlem všech nástrojů a jeho rozmezí se pohybuje od 40° do 90° [3].
- **Úhel řezu δ_0** – je doplňkovým úhlem. Poloha čela vůči rovině ostří se někdy výhodněji určuje právě tímto úhlem, protože určuje tuto polohu jednoznačně na rozdíl od úhlu čela, který může mít hodnotu kladnou nebo zápornou [10].
- **Úhel sklonu hlavního ostří λ_s** – má vliv na pevnost břitu a směr odchodu třísky. V případě, že je úhel nulový, je ostří rovnoběžné se základní rovinou. V případě kladného úhlu je špička nejvyšším bodem ostří. Naopak při

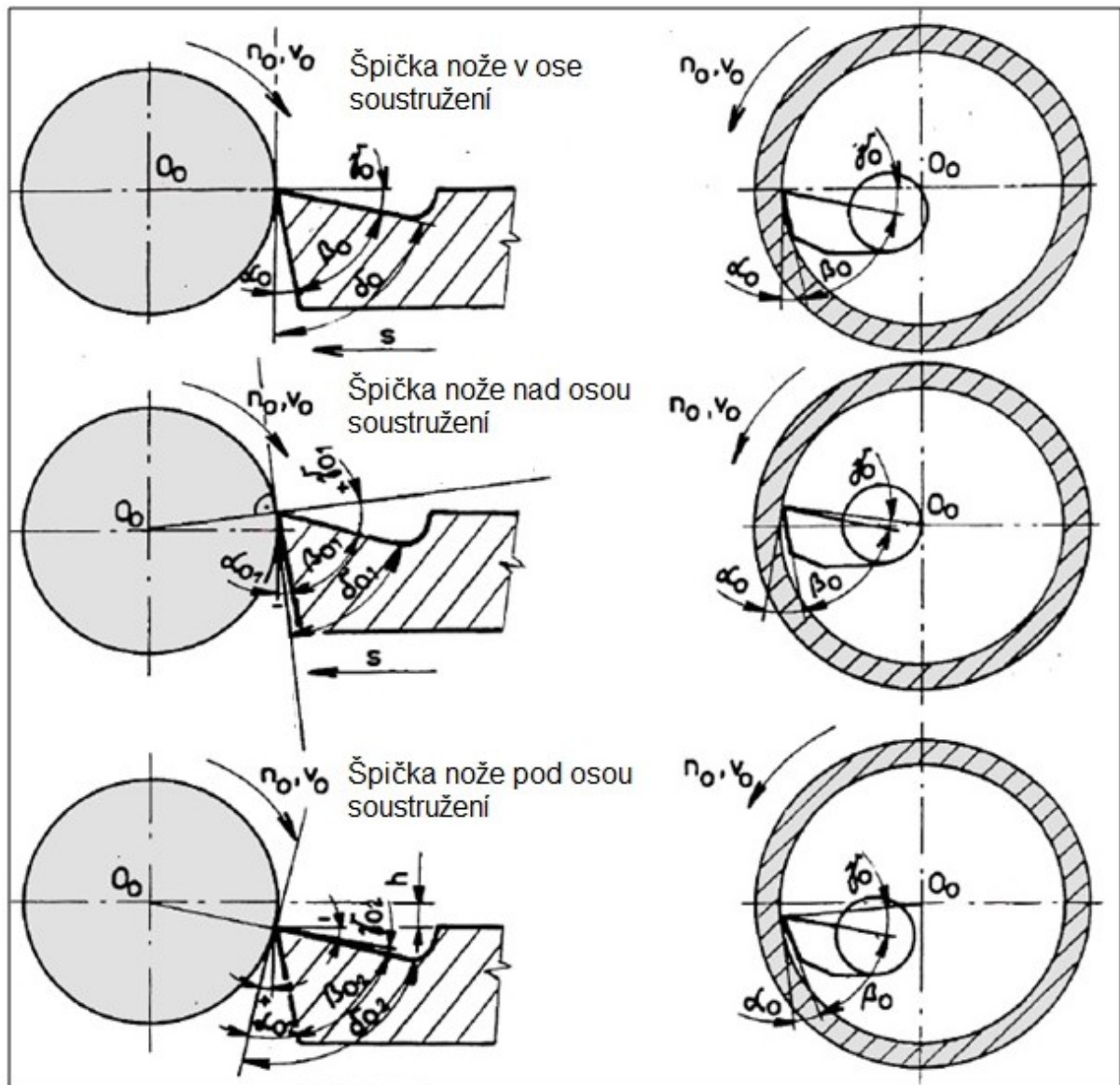
záporném úhlu je špička nejnižším bodem ostří. Záporných hodnot úhlu se používá při přerušovaném řezu, kdy k prvnímu dotyku nástroje s obrobkem dochází na ostří v určité vzdálenosti od špičky a nikoliv přímo na ni. Hodnota úhlu se volí v rozmezí od 20° do -30° . Na obrázku 7 jsou jednotlivé varianty znázorněny [11].



Obrázek 7 Varianty sklonu hlavního ostří [11]

Pracovní řezné úhly

Tyto úhly se také nazývají technologické a slouží k určení vzájemného vztahu nástroje a obrobku při řezání. Velikost pracovních úhlů ovlivňuje produktivitu obrábění, drsnost obrobených ploch a opotřebení nástroje. Na druhou stranu volba optimálních hodnot těchto úhlů se vždy váže na konkrétní případ a závisí na řezných podmínkách, mechanických vlastnostech materiálu, na tuhosti obrobku a požadovaných parametrech koncového produktu. Na obrázku 8 je dobře patrné, jak se mění nástrojové úhly při poloze nože v ose soustružení, jak nad osou a jak pod ní [12].



Obrázek 8 Polohy nástroje vůči obrobku při řezném procesu [11]

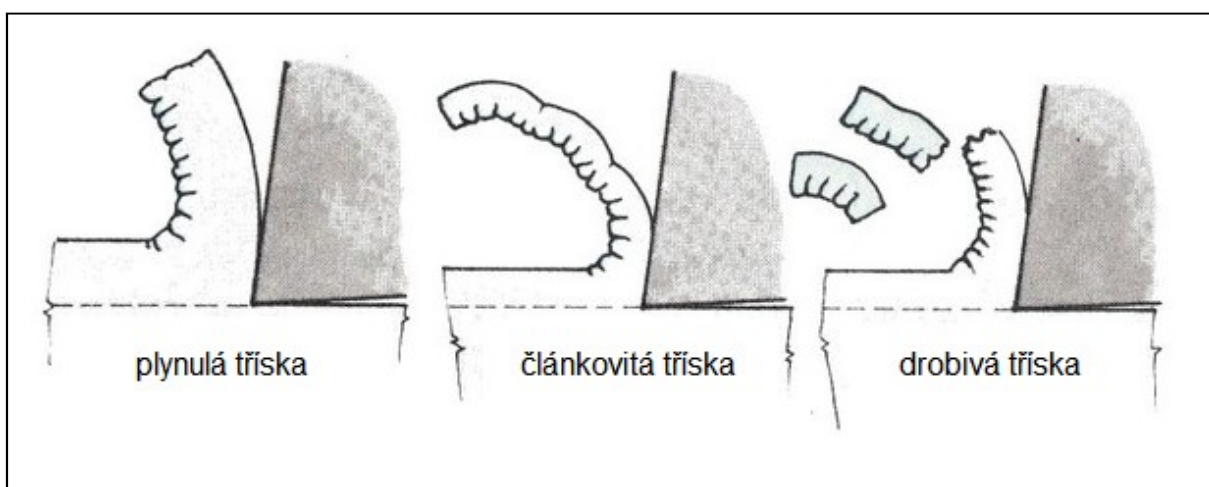
2.1.4 Tvorba třísky

Oddělování třísky je velmi složitý proces realizující se v obráběcím systému stroj – nástroj – obrobek. Silovým působením nástroje na materiál obrobku a jejich vzájemným pohybem se oddělují z obráběného materiálu částičky ve formě třísky. Charakter řezného procesu a tím i charakter třísky závisí hlavně na fyzikálních vlastnostech materiálu a na řezných podmínkách [8].

Proces odebrání třísek se děje v několika etapách. Nejprve se tlakem nástroje materiál na čelní ploše břitu pěchuje. Tím v materiálu narůstá napětí. Po překonání vnitřní soudržné síly a odporu materiálu se ve směru působení řezné síly vytvoří trhlinka. Při dalším pohybu nástroje se stlačený materiál začne zvedat, klouže po čelní ploše břitu a po odtrhu je odveden v podobě třísky. Podle stupně houževnatosti

materiálu obrobku zůstávají elementy třísky kluzovým pohybem soudržné po celé délce odřezávané třísky nebo se oddělují v kratších celcích. Na základě tvaru rozděluje třísky do třech skupin viz.obrázek 9 [8]:

- **Tříška plynulá** – se tvoří z pravidla při obrábění měkkého a houževnatého materiálu, při velké řezné rychlosti s kladným úhlem čela. Plynulá tříška má štíhlý a dlouhý tvar zaujímají velký prostor a jsou nebezpečné pro obsluhu. Jsou nežádoucí, protože mohou poškozovat povrch obrobku i nástroje nebo způsobit pracovní úraz [11]
- **Tříška člankovitá** – vzniká při obrábění tvrdých a tvárných materiálů. Dochází k odstřížení jednotlivých segmentů patrných na vnějším povrchu třísky. Tříška odpadá od nástroje v menších celcích ve tvaru různě tvarovaných pásků. Z hlediska obrábění je tato tříška nejpříznivější [11].
- **Tříška drobivá** – tvoří se u materiálů tvrdých a křehkých jako je litina, automatová ocel, mosaz nebo hliník. Vzniká vylamováním jednotlivých malých segmentů bez vzájemné soudržnosti. Vytvářejí se různé tvary šupin, úlomků a zrněk. Z hlediska obsluhy i bezpečnosti jsou tyto třísky také výhodné [11].



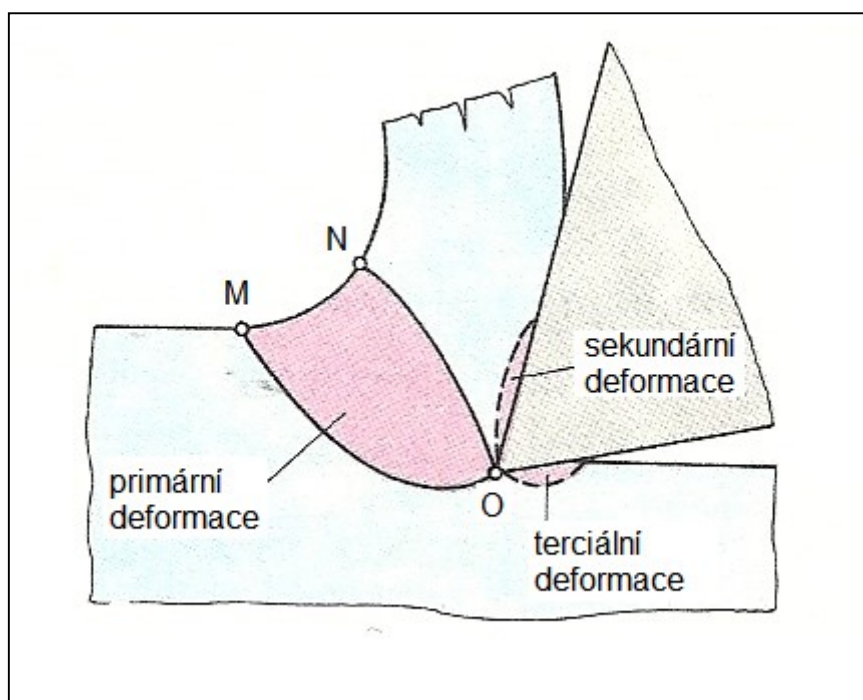
Obrázek 9 Tvary třísek [6]

Z hlediska fyzikální charakteristiky procesu řezání dochází v oblasti tvoření třísky k pružným a následně k plastickým deformacím v odřezávané vrstvě. Před břítem nástroje se jedná o primární plastické deformace a v povrchových vrstvách v místě styku s čelem nástroje k sekundárním plastickým deformacím.

- **Primární plastické deformace** – při pohybu nástroje vůči obrobku působí na odebíranou vrstvu materiálu vnější zatížení, které vyvolá napětí. Pokud napětí

nepřekročí mez úměrnosti deformovaného materiálu, odebíraná vrstva se deformuje pružně. Zvýší-li se napětí nad mez pružnosti daného materiálu, začíná trvalá plastická deformace a dochází k plastickému skluzu. Plastické deformace vznikají jednak zaoblením ostří a také tím, že oblast primární plastické deformace OMN zasahuje až pod úroveň obrobeného povrchu. Tím dochází ke zpevnění povrchové vrstvy obrobené plochy. V některých literaturách je tato oblast nacházející se pod úrovní povrchu nazývána terciální plastickou deformací [2].

- **Sekundární plastické deformace** – vznikají v místě styku třísky s čelem nástroje. Odcházející tříška má na styčné ploše s čelem teplotu řádově 10^2 °C a na její plochu působí tlaky 10^2 až 10^3 MPa. Důsledkem je zvýšení pevnosti a tvrdosti materiálu této části třísky [2].

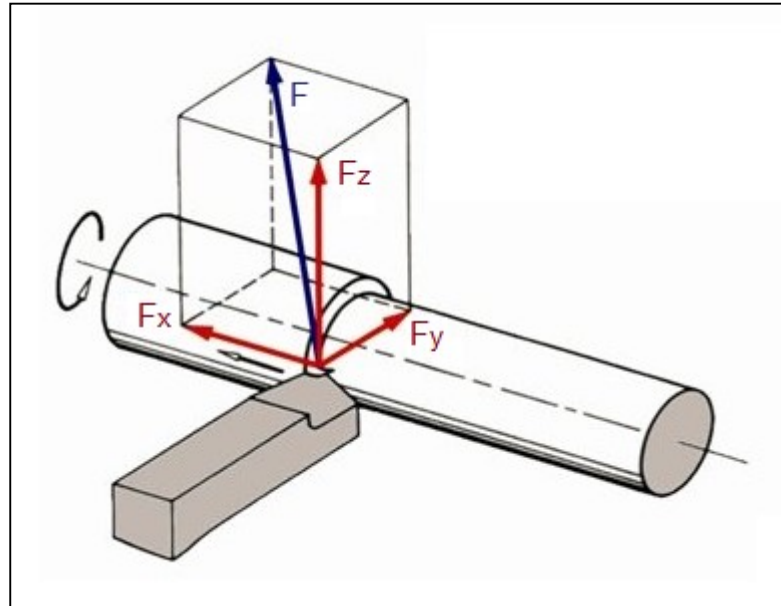


Obrázek 10 Vznik třísky [8]

2.1.5 Řezné síly při soustružení

Při procesu oddělování materiálu je potřeba působit na nástroj určitou řeznou silou F tak, abychom překonali odpor odebíraného materiálu. Tuto sílu můžeme obecně rozložit do třech složek, jejichž směr je totožný se směry tří základních pohybů, které vykonává nástroj [5].

- **Axiální složka F_x** – je rovnoběžná se směrem vedlejšího řezného posuvu. Její velikost je vázána na posuv stroje.
- **Radiální složka F_y** – působí kolmo na osu soustružení. Její velikost je dána tuhostí stroje a jeho upínacích prvků.
- **Tangenciální složka F_z** – leží ve směru tečny obrobku a působí proti hlavnímu pohybu.



Obrázek 11 Řezné síly [6]

Výsledná síla je určena rovnicí:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \text{ [N]} \quad (8)$$

2.2 Tepelné zpracování oceli

Dnes existuje celá řada způsobů jak tepelně zpracovávat oceli. Účelem tepelného zpracování je zejména dosažení požadovaných vlastností kovových materiálů a průběh tohoto zušlechťení je v zásadě u všech způsobů stejný. Začíná se ohřevem na požadovanou teplotu, setrvání v této teplotě (prodleva) a následuje ochlazování vhodně zvolenou rychlostí. Konkrétní způsob tepelného zpracování je tedy charakterizován rychlostí, průběhem ohřevu, konečnou hodnotou teploty, dobou setrvání v dané teplotě a rychlostí ochlazování [14]

- **Rychlost ohřevu** – závisí na konkrétním tepelném zpracování. Plynulý ohřev se používá hlavně u jednoduchých malých součástí, kdy nedochází k velkým rozdílům teplot na povrchu a v jádře součásti. Stupňovitý ohřev se volí i složitějších součástí, kde je vyrovnávání těchto rozdílů žádoucí kvůli vnitřnímu pnutí a porušení pevnosti materiálu [14].
- **Požadovaná teplota** – volí se podle požadované konečné struktury materiálu.
- **Doba prodlevy** – je závislá opět na tepelném zpracování a na tloušťce materiálu.
- **Rychlost ochlazování** – volí se podle požadované konečné struktury materiálu. Při pomalém ochlazování se zachovává rovnovážný stav soustavy. Naopak rychlé ochlazování vytváří nové strukturální složky se specifickými vlastnostmi materiálu [14].

2.2.1 Diagram Fe – Fe₃C

Nejdůležitějším příměsovým prvkem ve slitinách ocelí je uhlík, který ovlivňuje důležité vlastnosti i průběh jejich zušlechťování. Oceli tuhnou a chladnou podle metastabilní soustavy Fe – Fe₃C, kde je uhlík vyloučen jako karbid železa (cementit). Na obrázku č. 12 je rovnovážný diagram Fe – Fe₃C, kde lze sledovat průběh změn při pozvolném ochlazování slitin železa s různým obsahem uhlíku. Při vyšších rychlostech ochlazování se používají diagramy IRA a ARA. V diagramu je znázorněna pouze technicky přijatelná oblast do 6,67% uhlíku, což odpovídá 100% obsahu cementitu. Pro ocel platí oblast s obsahem do 2,14%. Tato oblast se dále dělí na část podeutektoidní s obsahem uhlíku 0 – 0,8% a nadeutektoidní, kde je obsah uhlíku v rozmezí 0,8 – 2,14%. Železo s obsahem vyšším než 2,14% se nazývá litina [15].

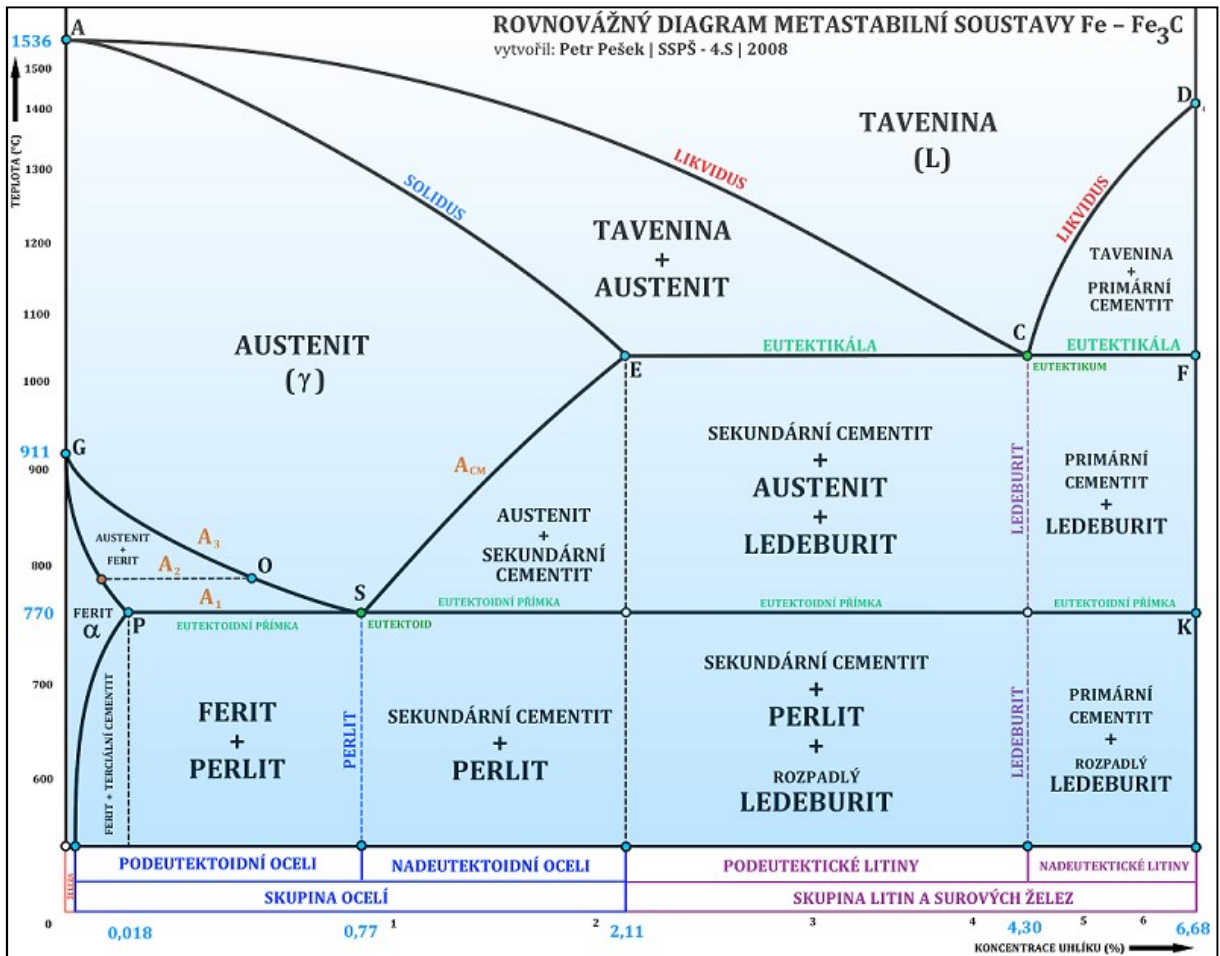
Nejprve si seznámíme s jednotlivými fázovými modifikacemi:

- **Železo α** – má kubickou prostorově centrovanou mřížku tvořenou devíti atomy. Existuje pod teplotou 911°C a je feromagnetický. Maximální rozpustnost uhlíku je 0,02% [14].
- **Železo γ** – má kubickou plošně centrovanou mřížku tvořenou čtrnácti atomy. Existuje v rozmezí teplot 910°C - 1400°C a je paramagnetická [14].
- **Železo δ (δ Ferit)** – je intersticiální tuhý roztok uhlíku v železa δ . Maximální obsah uhlíku je 0,105% při 1493°C [14].

- **Austenit** – je tuhý roztok uhlíku v železe. Maximální rozpustnost uhlíku v austenitu je 2,06% při teplotě 1147°C. Je houževnatý a dobře tvářitelný za studena [14].
- **Ferit** – je nízkoteplotní modifikace železa. Má malou pevnost a tvrdost, je tvárný za studena [14].
- **Ledeburit** – je eutektická směs austenitu a cementitu vznikající u slitin s obsahem uhlíku nad 2,14% [14].
- **Perlit** – vzniká přeměnou austenitu na směs feritu a cementitu. Je relativně tvárný a pevný [14].

Podutektoidní oceli mají množství uhlíku pod 0,8%. Jako příklad uvedeme tuhnutí oceli s obsahem 0,4% uhlíku. Nad křivkou likvidu existuje pouze jediná fáze – homogenní tavenina. Poklesem teploty pod křivku solidu se ocel skládá pouze z krystalů tuhého roztoku austenitu s obsahem uhlíku odpovídajícím původní koncentraci uhlíku ve slitině. Při dalším ochlazování pod křivkou A_3 se z austenitu začínají vylučovat po hranicích zrn první krystaly čistého železa α feritu. Za teploty 760°C se krystaly tuhého roztoku α stávají feromagnetickými. Překrystalizace se ukončí tím, že při eutektoidní teplotě A_1 (727 °C) zbylý austenit dosáhne koncentrace bodu S a ferit má složení dané bodem P. Dochází k eutektoidní reakci. Austenit se rozpadá na perlit, takže výsledná struktura podutektoidní oceli je složena z feritu a perlitu [15].

Nadeutektoidní oceli mají obsah uhlíku v rozmezí 0,8 – 2,14%. Tuhnutí u nich probíhá stejně jako u podutektoidních ocelí s tím rozdílem, že první krystaly autenitu krystalizují u nižších teplot. Za hranicí kritické hodnoty A_{cm} je austenit nasycen a při dalším poklesu teploty začne uhlík ztrácet. Vzniká sekundární cementit. Při teplotě A_1 a pomalém ochlazování dosáhne obsah uhlíku 0,765% a austenit se začne měnit na perlit. Pod hranicí eutektoidní přímky tvoří oceli směs perlitu a sekundárního cementitu [15].



Obrázek 12 Diagram Fe – Fe₃C [12]

2.2.2 Způsoby tepelného zpracování

Hlavním důvodem tepelného zpracování ocelí je změna jejich struktury v důsledku fázových změn, které vedou k významným změnám vlastností výsledného materiálu. Tyto vlastnosti jsou požadavkem pro další zpracování a úzce profilují jejich následné využití [15]

Základní způsoby tepelného zpracování jsou:

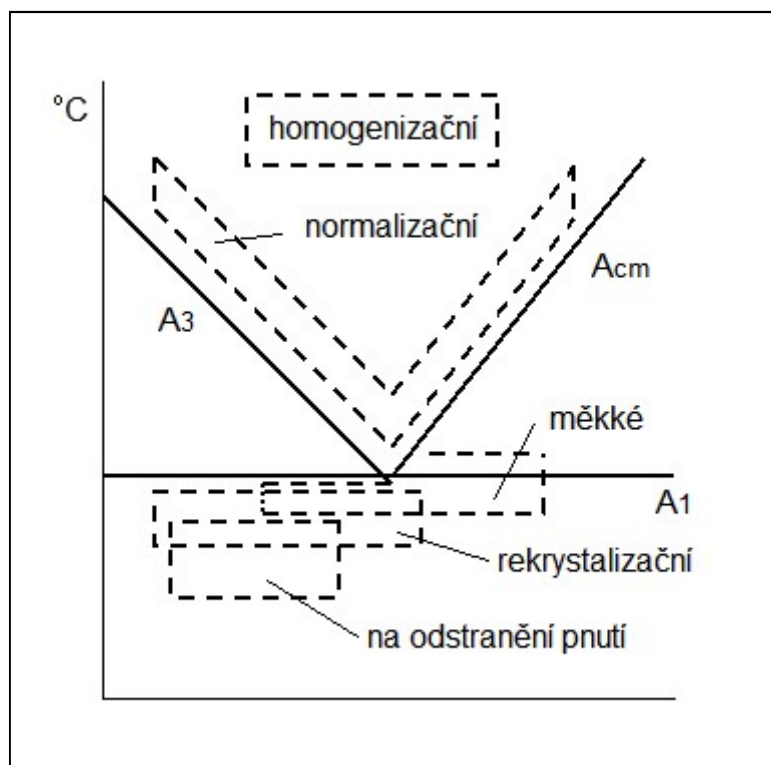
- žihání,
- kalení,
- popouštění.

2.2.3 Žihání

Cílem žihání ocelí je zpravidla jejich uvedení do rovnovážného stavu. Z tohoto důvodu se při žihání užívá rovnoměrného a pomalého ohřevu, dlouhé doby prodlevy

a následného pomalého ochlazování. Účelem je odstranění vnitřního pnutí, zotavení deformovaných zrn, vyrovnání rozdílů v chemickém složení, odstranění nerovností atd. Na obrázku 13 jsou v diagramu Fe – Fe₃C znázorněny oblasti teplot všech způsobů žíhání. Žíhání se v závislosti na přeměnách ve struktuře dělí [15]:

- žíhání s překrystalizací,
- žíhání bez překrystalizace.



Obrázek 13 Oblasti teplot pro žíhání v diagramu Fe – Fe₃C [12]

2.2.4 Žíhání s překrystalizací

Důvodem tohoto žíhání je zvýšení rovnoměrné struktury a dosažení homogenity chemického složení. Dochází k úplné nebo částečné přeměně výchozí feriticko – perlitické struktury na austenit. U podeutektoidních ocelí se žíhání provádí nad teplotou A₃, u nadeutektoidních ocelí nad teplotou A₁ [14].

- **Homogenizační žíhání** – hlavním důvodem je vyrovnání chemického složení, hlavně u ingotů. Ohřev se provádí na teploty 950 – 1200 °C, následuje dlouhá výdrž (více jak 6 hodin) a pomalé ochlazování. Během tohoto procesu dochází k oxidaci a vzniku nežádoucích okují [14].

- **Normalizační žihání** – vznik jemnozrnné a rovnoměrné struktury tvořené feritem a perlitem, případně jen perlitem. Ohřev se provádí na teplotu v rozmezí 30 až 50 °C nad A_3 a ochlazování je pomalé na vzduchu. Jemnozrnná struktura se vyznačuje vyšší houževnatostí a pevností [14].
- **Izotermické žihání** – se provádí pro zlepšení obrobitelnosti a tvářitelnosti, snižuje se tvrdost a zbytková pnutí. Teploty ohřevu jsou stejné jako normalizačního žihání, pak ale následuje prudké ochlazení [14].

2.2.5 Žihání bez překrytí

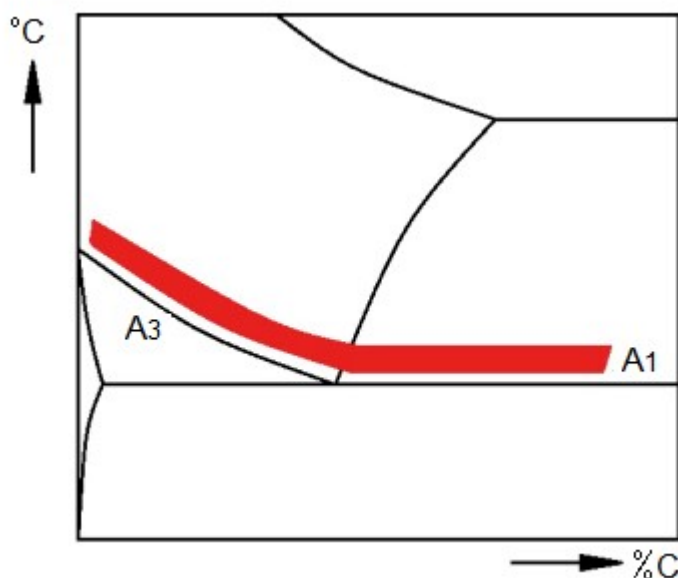
Při tomto druhu žihání teplota většinou nepřekročí teplotu A_1 . Mění se rozpustnost uhlíku a dusíku, rozpadají se nerovnovážné fáze a ke změnám dochází pouze v rámci struktury [14].

- **Žihání ke snížení vnitřního pnutí** – hlavním účelem je snížení vnitřního pnutí, které vznikají po předchozích operacích jako je válcování, svařování obrábění. Nedochozí ke změně struktury ani mechanických vlastností. Ohřev probíhá v rozmezí 470 – 650 °C, výdrž na této teplotě a pomalé ochlazování v peci [14].
- **Rekrystalizační žihání** – dochází k obnovení tvárných vlastností po tváření za studena a obnovuje se schopnost plastické deformace. Vlastnosti takto vyžihané oceli se pak blíží původním mechanickým vlastnostem. Ohřev na teploty 550 - 700°C, prodleva a ochlazení na vzduchu libovolnou dobu [14].
- **Žihání na měkko** - provádí se pro snížení tvrdosti a tím zvýšení obrobitelnosti a také pro tváření za studena. Také se tímto zušlechťením dosáhne vhodného stavu pro kalení. Mění se lamelární perlit na globulární. Ohřev probíhá při teplotách 550 - 700°C [14].

2.2.6 Kalení

Kalení oceli se provádí za jediným účelem a to je zvýšení tvrdosti materiálu. Je to nejběžnější způsob, jak dosáhnout požadovaných hodnot pevnosti. Princip kalení spočívá v převodu perlitické nebo feriticko-perlitické struktury na strukturu martenzitickou nebo bainitickou. Aby bylo možné ocel kalit, musí materiál obsahovat alespoň 0,3 % uhlíku. Pokud je toto procento menší, vytvoří se pouze malé množství martenzitu, což je přesycený tuhý roztok uhlíku v α železe, které nemá vliv na tvrdost finální struktury. Tyto oceli jsou potom označovány jako nekalitelné [15].

Volba teploty vždy závisí na požadované tvrdosti. Na obrázku 14 je vidět v rovnovážném diagramu pásmo teplot ohřevu pro kalení. U podeutektoidních ocelí je toto pásmo v oblasti austenitu. Pokud by se kalení provádělo v oblasti přechodu austenitu na ferit, po snížení teploty by austenit změnil strukturu na martenzitu, ale ferit nikoliv. Výsledná struktura by byla kombinací tvrdého martenzitu a měkkého feritu. U nadeutektoidních jsou teploty kalení v oblasti přechodu austenitu na sekundární cementit. Po snížení teploty získáme směs martenzitu a ještě tvrdšího cementitu [15].



Obrázek 14 Oblasti teplot pro kalení v diagramu Fe – Fe₃C [12]

2.2.7 Popouštění

Popouštění se zařazuje v některých případech do technologických postupů zušlechťování ocelí hned za kalení. Nově vzniklá martenzitická struktura má značné vnitřní pnutí, velkou tvrdost a křehkost. Cílem popouštění je rozpad martenzitu i zbytkového austenitu a získání struktury s nižší pevností, ale s vyšší houževnatostí. Proces se provádí ohřevem na danou teplotu, prodlevou a pomalým ochlazováním. Volba teploty ovlivňuje výslednou strukturu i procesy, které jí předcházely [15].

Popouštění může probíhat už při teplotách kolem 200°C, kdy vzniká tzv. kubický martenzitu, snižuje se tvrdost i vnitřní pnutí. Při teplotě v rozmezí 200 - 300°C dochází k rozpadu zbytkového austenitu na bainitu a začne se zvyšovat měrný objem oceli. Při popouštění za vysokých teplot nad 500°C hrubnou částice cementitu a feritu, vzniká tzv. sorbit, což je jemná struktura s kuličkovým cementitem v základní feritické hmotě. Tato struktura se vyznačuje pevností a vysokou houževnatostí [15].

2.2.8 Méně používané metody tepelného zpracování

- **Patentování** – používá se při výrobě ocelových drátů tažením. Jedná se o izotermické kalení drátu s vyšším obsahem uhlíku, při němž se získává struktura perlitu a bainitu s vysokou houževnatostí. Takto zpracované oceli se nazývají patentované s vysokou pevností 1500 – 3000 MPa při dobré houževnatosti [12].
- **Povrchové kalení** – kalení probíhá pouze u svrchních vrstev materiálu. Ohřev probíhá rychle většinou acetylenovými hořáky nebo indukčními ohříváči. Používá se pro součásti, u kterých je požadována tvrdá povrchová vrstva odolávající rychlému opotřebení na měkkém houževnatém jádru jako jsou hřídele, čepy, ozubená kola atd. Kalená plocha se prohřeje do hloubky 1 – 6mm na teplotu A_3 a rychle zchladí, aby se teplo nepřeneslo i do jádra. Pro chlazení se používá vodní sprcha nebo lázeň [12].

3 Experimentální část

Tato část práce shrnuje informace o provedených měřeních vedoucích k objasnění vlivu tepelného zpracování na vlastnosti daného materiálu. Popisuje použité strojní vybavení laboratoře, měřící zařízení i samotné měřené parametry.

3.1 Příprava vzorků

Příprava vzorků podává informace o výchozích parametrech vzorku (podkapitola 3.1.1), o řezných podmínkách pro experimentální část (podkapitola 3.1.2) a základních parametrech experimentu (podkapitola 3.1.3). Dále popisuje strojní vybavení (podkapitola 3.1.4) a měřené parametry (podkapitola 3.1.5).

3.1.1 Výchozí parametry vzorků

Pro experimentální část byla zvolena ocel 11368 učená pro tlakové nádoby. Popis materiálu včetně mechanických vlastností je uveden v příloze A. Výchozími polotovary bylo 8 desek o rozměrech 300x300x16mm (obrázek 15), které byly vystaveny tepelnému zušlechťení v různém počtu teplotních cyklů. V tabulce č. 1 jsou jednotlivé vzorky podrobně popsány a barevně rozlišeny.



Obrázek 15 Výchozí polotovary

Tabulka č 1 Přehledová tabulka tepelného zušlechťení polotovarů

Polotovar	Tepelné zušlechťení
MATERIÁL č. 1	výchozí materiál bez tepelného zpracování
MATERIÁL č. 2	žíhaný materiál pec předehřátá na 460 °C postupné zvyšování teploty o 1,5°C za min na teplotu 930°C doba výdrže 30 min, plynulé ochlazování-otevřené dveře pece
MATERIÁL č. 3	5x opakování teplotního cyklu pec předehřátá na 400 °C postupné zvyšování teploty o 1,7°C za min na teplotu 840°C doba výdrže 30 min, plynulé ochlazování-otevřené dveře pece
MATERIÁL č. 4	10x opakování teplotního cyklu pec předehřátá na 400 °C postupné zvyšování teploty o 1,7°C za min na teplotu 840°C doba výdrže 30 min, plynulé ochlazování-otevřené dveře pece
MATERIÁL č. 5	15x opakování teplotního cyklu pec předehřátá na 400 °C postupné zvyšování teploty o 1,7°C za min na teplotu 840°C doba výdrže 30 min, plynulé ochlazování-otevřené dveře pece
MATERIÁL č. 6	20x opakování teplotního cyklu pec předehřátá na 400 °C postupné zvyšování teploty o 1,7°C za min na teplotu 840°C doba výdrže 30 min, plynulé ochlazování-otevřené dveře pece
MATERIÁL č. 7	25x opakování teplotního cyklu pec předehřátá na 400 °C postupné zvyšování teploty o 1,7°C za min na teplotu 840°C doba výdrže 30 min, plynulé ochlazování-otevřené dveře pece
MATERIÁL č. 8	30x opakování teplotního cyklu pec předehřátá na 400 °C postupné zvyšování teploty o 1,7°C za min na teplotu 840°C doba výdrže 30 min, plynulé ochlazování-otevřené dveře pece

3.1.2 Řezné podmínky pro experimentální část

Tabulka 2 zpřehledňuje řezné podmínky, které byly zvoleny a které budou předmětem hodnocení v další části práce. V první části tabulky je konstantním parametrem posuv a mění se otáčky. V druhé části jsou otáčky neměnným parametrem a mění se posuv.

Tabulka 2 Volba řezných podmínek

Otáčky n	Posuv f	Řezná rychlost v_c	Hloubka záběru a_p
224 ot/min	0,20 mm/ot	11,26 m/min	1,0 mm
560 ot/min	0,20 mm/ot	28,15 m/min	1,0 mm
900 ot/min	0,20 mm/ot	45,24 m/min	1,0 mm
Otáčky n	Posuv f	Řezná rychlost v_c	Hloubka záběru a_p
560 ot/min	0,05 mm/ot	28,15 m/min	1,0 mm
560 ot/min	0,20 mm/ot	28,15 m/min	1,0 mm
560 ot/min	0,41 mm/ot	28,15 m/min	1,0 mm

3.1.3 Základní parametry experimentu

Základní parametry experimentu jsou uvedeny v tabulce 7.

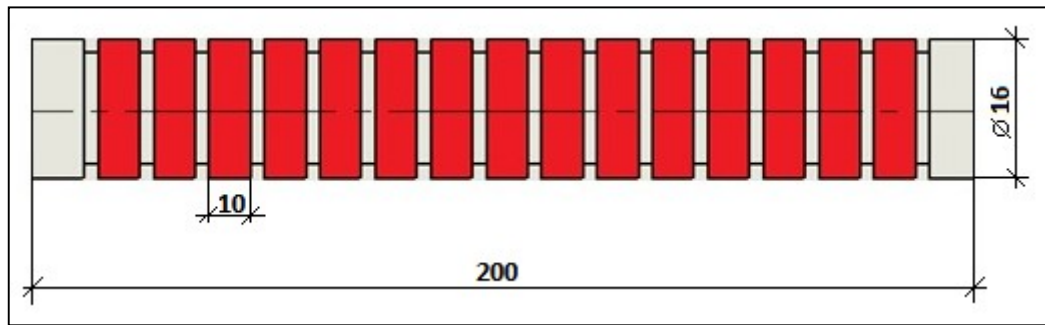
Tabulka 3 Metodika soustružení.

Měřené parametry	Řezná síla
	Drsnost povrchu
	Mechanické vlastnosti
Obráběný materiál	11638 (P265GH)
Rozměry polotovaru	300x300x16
Stroj	Soustruh univerzální hrotový SU50
	Pásová pila Pilous ARG 300+
Nástroj	Nůž stranový ubírací
Břitové destičky	TPUN 160308-8215

Příprava zkušebních vzorků pro experiment

Pro experiment byla zvolena ocel 11368 označená výrobcem jako P265GH určená pro tlakové nádoby. Jednotlivé ocelové desky byly tepelně zušlechťeny podle zvolených podmínek.

V první fázi bylo nutné nejprve materiál nařezat na ploché tyče o rozměrech 20 x 16 x 200mm a poté obrobit na kruhové tyče o průměru 16 mm. Do takto obrobených tyčí se dále vysoustružily 10 mm dlouhé segmenty, které sloužily k měření sil a drsnosti povrchu. Jednotlivé úseky jsou zobrazeny na obrázku 16.



Obrázek 16 Příprava vzorků

Z každé desky byly odděleny dvě tyče a na každé obroběné kruhové tyči vzniklo 15 segmentů po 10mm (obrázek 17). Celkem bylo získáno 30 segmentů od každého materiálu. Jak vyplývá z tabulky 2 připadlo na každou variantu řezných podmínek 5 segmentů, které byly podrobeny měření řezných sil a drsnosti povrchu (obrázek 18).



Obrázek 17 Obrábění tyče



Obrázek 18 Jednotlivé fáze přípravy vzorků





3.1.4 Popis strojního vybavení

Vstupním polotovarem byly desky rozměru 300 x 300 x 16 mm. Ty bylo nutné nejprve nařezat na ploché tyče o rozměrech 20 x 16 x 200 mm pomocí pásové pily Pilous ARG 300+. Obrobení materiálu bylo provedeno na univerzálním hrotovém soustruhu SU 50 s použitím soustružnického ubíracího nož s vyměnitelnými břitovými destičkami TPUN 160308 – 8215 od firmy PrametTools, s.r.o.. Všechno strojní vybavení se nachází v laboratoři Katedry obrábění a montáže TU v Liberci.

Pásová pila

Univerzální strojní pásová pila Pilous ARG 300+ umožňuje dělení široké škály různých polotovarů v důsledku rychlého a plynulého přestavování požadovaného úhlu ramene v rozsahu 45° vlevo, 60° vpravo. Rameno pilového pásu se zvedá ručně, posuv do řezu se provádí vlastní vahou ramene s možností plynulé regulace škrtícím ventilem olejového tlumiče. Vysoká tuhost a stabilita stroje zaručuje vysoké přesnosti řezu i dlouhodobou životnost. Technické údaje jsou uvedeny v tabulce 4 a na obrázku 19.

Tabulka 4 Technické údaje pásové pily Pilous ARG 300+[13]

90°	+45°C	-45°C	+60°C		
● 300	240	220	155		400V, 1.7 kW
■ 300	230	190	150		35; 70 m/min.
■ 360x290	250x140	230x125	155x155		1600x950x1600
■ 340x300	210x300	135x300	135x300		540 kg



Obrázek 19 Pásová pila Pilous ARG 300+

Obráběcí stroj

Pro obrábění vzorků byl použit univerzální hrotový soustruh SU 50. Soustruh je zobrazen na obrázku 20 a jeho technické údaje v tabulce č. 5

Tabulka 5 Technické údaje soustruhu SU 50 [13]

Univerzální hrotový soustruh SU 50		
Charakteristika	Hodnota	Jednotka
Oběžný průměr nad ložem	500,00	[mm]
Oběžný průměr nad suportem	250,00	[mm]
Průměr sklíčidla	250,00	[mm]
Největší průřez nože	32x32	[mm]
Počet stupňů otáček vřetena	22,00	[-]
Rozsah otáček vřetena	11,20 – 1400,00	[min ⁻¹]
Rozsah podélného posuvu	0,027 – 3,80	[mm/ot]
Charakteristika	Hodnota	Jednotka
Rozsah příčného posuvu	0,013 – 1,90	[mm/ot]
Počet motorů pro hlavní pohon stroje	2,00	[-]
Výkon motoru pro hlavní pohon stroje	2x5,50	[kW]
Otáčky motoru pro hlavní pohon stroje	1400,00	[ot/min]

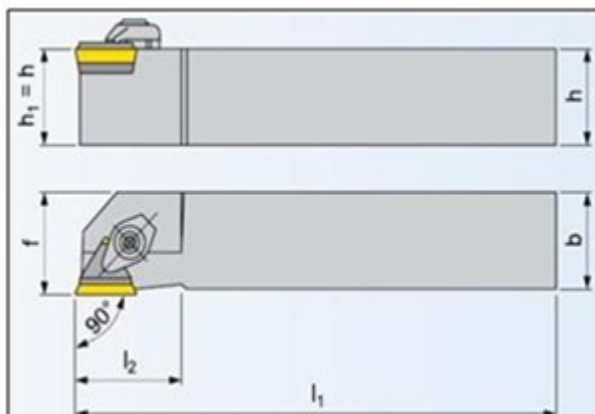


Obrázek 20 Univerzální hrotový soustruh SU50

Nástroj a vyměnitelná břitová destička


Nástrojem pro obrábění vzorků byl soustružnický nůž stranový ubírací, který je konstruován pro použití vyměnitelných břitových destiček od firmy PrametTools, s.r.o. (viz obrázek 21). Rozměry soustružnického nože jsou zobrazeny v tabulce 6.

Tabulka 6 Základní rozměry nože [13]



Rozměry	Hodnota	Jednotka
b	20,00	[mm]
h=h1	20,00	[mm]
f	20,50	[mm]
l1	125,00	[mm]
l2max.	32,00	[mm]
úhel nastavení	90,00	[°]

Do soustružnického nože byly použity vyměnitelné břitové destičky od firmy Pramet Tools, s.r.o s označením TPUN 160308 – 8215. Materiál s označením 8215 je otěruvzdorný submikronový substrát typu H s povlakem na bázi vrstev AlTiN a TiAlSiN. Jedná se o multivrstevnatý systém povlaku pro zvýšení houževnatosti a odolnosti vůči vzniku a šíření mikrotrhlin. Materiál je vhodný pro operace s vysokou tepelnou zátěží při vysokých řezných rychlostech [7].

TPUN 160308 8215 	parametr	jednotka
	délka strany	mm
	tloušťka	mm
	rádius špičky	mm
	posuv	mm.zub ⁻¹
	hloubka řezu	mm
	řezná rychlost	m.min ⁻¹

Obrázek 21 Vyměnitelná břitová destička TPUN 160308-8215 [7]

Piezoelektrický dynamometr KISTLER, typ 9265B

Pro diagnostiku působících sil byl použit tříosý piezoelektrický dynamometr KISTLER typ 9265B (viz.obrázek 23). Součástí měřící aparatury byl nábojový zesilovač typu 5019 B, který je znázorněn na obrázku 22.

Dynamometr umožňuje měření 3 kolmých složek jedné řezné síly. Obsahuje 4 piezoelektrické snímače, z nichž každý je složen z piezoelektrických destiček uspořádaných tak, aby zachycovala sílu v jiném směru. Protože je dynamometr konstruován tak, že náboje z jednotlivých destiček sčítá, je jedno, na kterém místě upínací části stroje síla působí, součet nábojů bude vždy stejný. Náboje z piezoelektrických snímačů jsou transportovány do nábojového zesilovače, kde jsou transformovány na elektrický signál a následně pomocí měřící karty počítače zpracovány programem LabVIEW.6. Výhodou tohoto dynamometru je schopnost měření staticky i dynamicky [16].



Obrázek 22 Nábojový zesilovač 5019 B

Ideální podmínky pro měření dynamometrem jsou:

- teplota vzduchu $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$,
- vlhkost vzduchu $42\% \pm 5\%$.

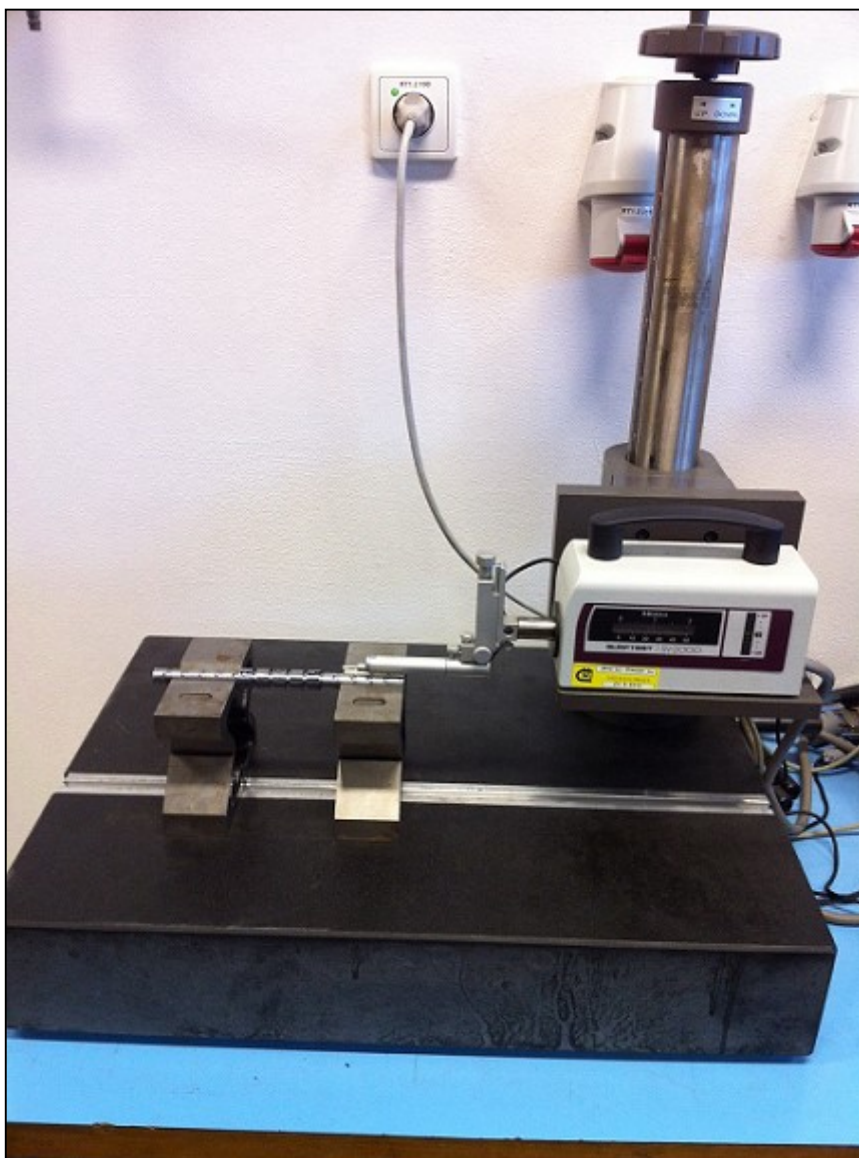


Obrázek 23 Dynamometr KISTLER 9265B.

Laboratorní profiloměr MITUTOYO

Pro vyhodnocení kvality povrchu obrobených vzorků byly parametry drsnosti povrchu měřeny pomocí profiloměru Mitutoyo Surftest SV – 2000 N2 (viz.obrázek č.24) Z množství parametrů drsnosti povrchu, které umožňuje software Surfpak vypočítat, byly pro vyhodnocení zvoleny parametry R_a (průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu), R_z (největší výška profilu), R_t (celková výška profilu).

Povrchový snímač urazí po povrchu vzdálenost 4,8 mm, z každé strany se 0,4 mm ořízne, takže délka měřené trajektorie jsou 4 mm. Naměřené hodnoty jsou vyhodnoceny počítačově pomocí softwaru Surfpak.



Obrázek 24 Profiloměr Mitutoyo Surftest SV – 2000 N2

Univerzální zkušební stroj TIRA test 2300

Pro vyhodnocení mechanických vlastností obrobených vzorků byl použit univerzální zkušební stroj TIRA test 2300 (viz. obrázek 25) a hodnoty zpracovány pomocí softwaru LabTest. Zkoušky byly provedeny na katedře strojírenské technologie TU v Liberci, kde je stroj umístěn.

Zkušební zařízení má maximální kapacitu 100 kN a použitelné zatížení siloměrných hlav je 1 kN, 10kN a 100 kN. Rychlost příčnicku je možné nastavit od 0,025 – 500 mm/min. Všechny vzorky byly trhány s rychlostí 1mm/min a pro každý materiál bylo provedeno 5 měření podle normy ČSN EN ISO 6892 – 1 Kovové materiály-zkoušení tahem. Část 1: Zkušební metoda za pokojové teploty [18]. Experiment proběhl v laboratorních podmínkách za teploty $20\pm 2^{\circ}\text{C}$.



Obrázek 25 Univerzální zkušební zařízení TIRA Test 2300

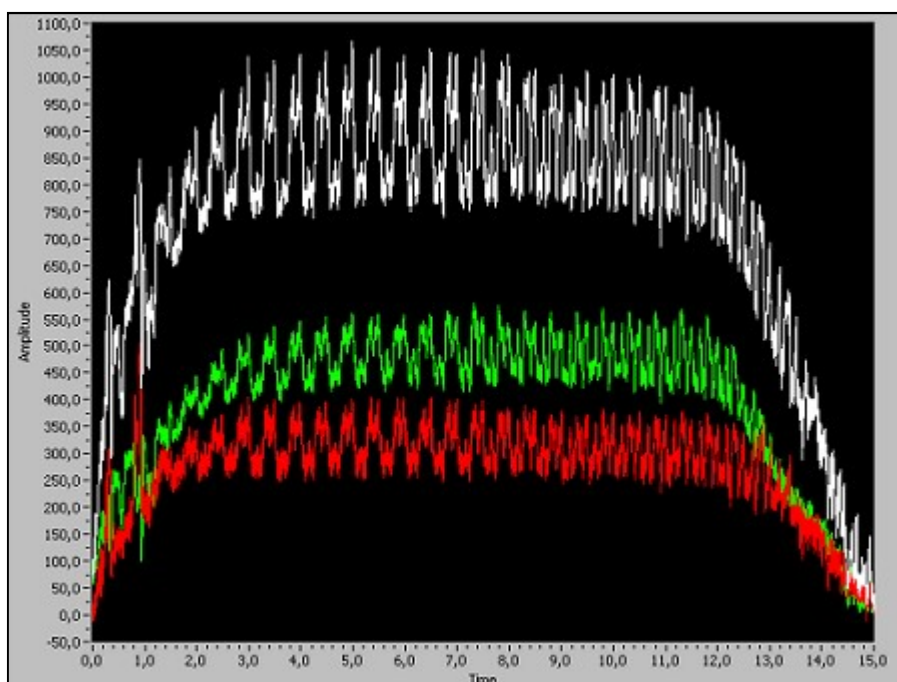
3.1.5 Měřené parametry

Řezná síla

Pro měření řezných sil byl použit piezoelektrický dynamometr KISTLER, typ 9265B. V tabulce 7 jsou uvedeny jednotlivé parametry zvolených řezných podmínek včetně hodnoty doby měření. Čas měření bylo nutné upravit pro jednotlivé podmínky soustružení tak, aby bylo možné stihnout spustit zesilovač a v časovém intervalu také daný segment obrobít. Na obrázku 25 je vidět vzorový průběh řezných sil. Barevně jsou znázorněny jednotlivé složky síly, posuvová síla F_x zeleně, přísmuvová síla F_y červeně a řezná síla F_z bíle. Střední hodnoty jednotlivých sil pak byly odečteny na svislé ose, vodorovná osa je doba měření.

Tabulka 7 Parametry měření řezných sil

Otáčky n	Posuv f	Doba měření
224 ot/min	0,20 mm/ot	15 s
560 ot/min	0,20 mm/ot	8 s
900 ot/min	0,20 mm/ot	5 s
Otáčky n	Posuv f	Doba měření
560 ot/min	0,05 mm/ot	25 s
560 ot/min	0,20 mm/ot	8 s
560 ot/min	0,41 mm/ot	4 s

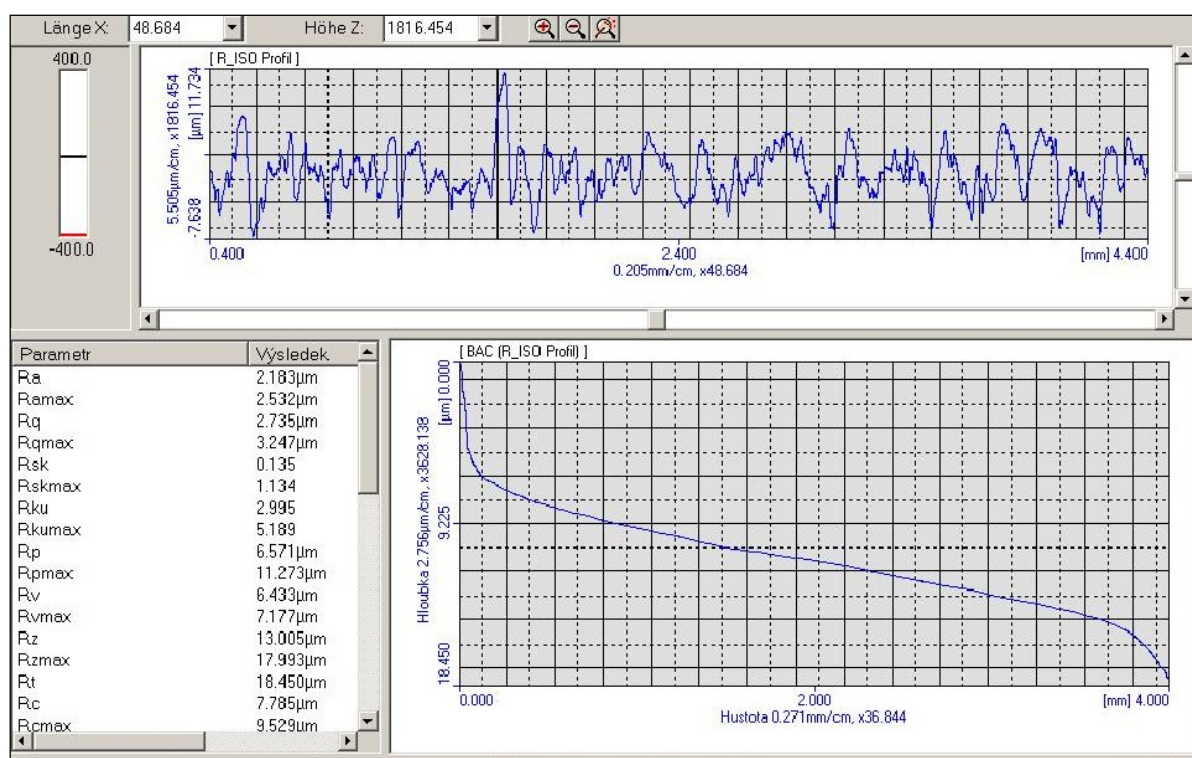


Obrázek 26 Vzorový průběh řezných sil při technologii soustružení.

Drsnost povrchu

Drsnost povrchu byla měřena pomocí profiloměru Mitutoyo Surftest SV – 2000 N2. Ze všech možných parametrů drsnosti povrchu, které umožňuje software Surfpack vyhodnotit, byly pro experiment zvoleny parametry R_a (průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu), R_z (největší výška profilu), R_t (celková výška profilu).

Pro každý soubor řezných podmínek bylo pro účel testování obrobena 5 segmentů délky 10mm. Na každé takovéto části bylo provedeno 10 měření na místech, které odpovídaly rovnoměrnému rozmístění po obvodu tyče. Celkem bylo tedy naměřeno 50 hodnot od každého souboru a na každém z 8 materiálů. Tímto způsobem bylo provedeno 2000 měření a získáno 6000 hodnot. Na obrázku 26 je znázorněn vzorový výstup z programu Surfpack, kde jsou zvolené parametry drsnosti uvedeny.

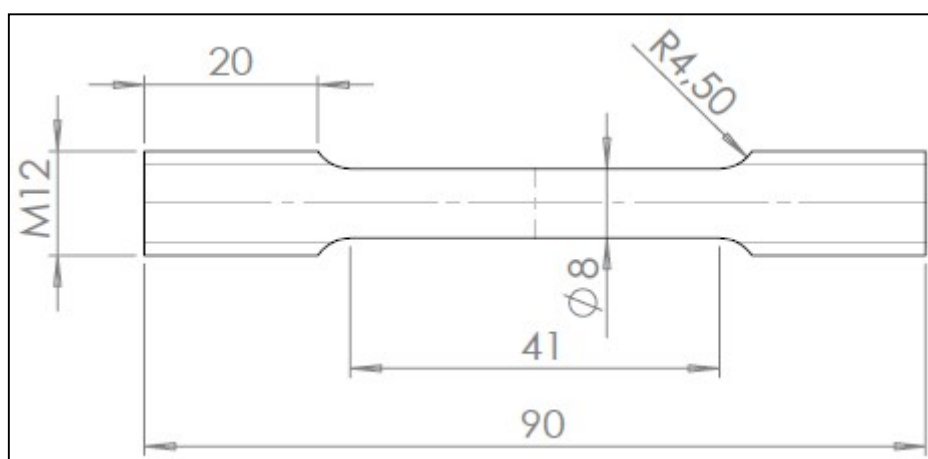


Obrázek 27 Vzorový výstup z programu Surfpack

Mechanické vlastnosti tahovou zkouškou

Mechanické vlastnosti tahovou zkouškou byly měřeny na univerzálním zkušebním zařízení TIRA Test 2300 a vyhodnoceny softwarem LabTest. Tahová zkouška byla provedena podle normy EN ISO 6892 – 1 pro jednoosou napjatost [18] a také podle této normy byly připraveny zkušební tyče jednotlivých materiálů. Tyto mechanické zkoušky byly provedeny jako poslední, protože vzorky bylo nutné upravit a pro účel této zkoušky znehodnotit přetrhem.

Zkouška spočívá v deformaci zkušební tyče tahovým zatížením obvykle do přetržení. Tyč je zatěžována plynule vzrůstající silou, čímž nejprve dochází k homogenní deformaci, poté k tvorbě krčku až ke vzniku lomu. Oba konce zkušební tyče byly opatřeny závitem M12 pro upevnění do matic vkládaných do hlavy stroje. Na obrázku 28 je výkres zkušební tyče, na základě kterého byly zkušební tyče obráběny. Na obrázku 29 je zobrazena tyč před tahovou zkouškou.



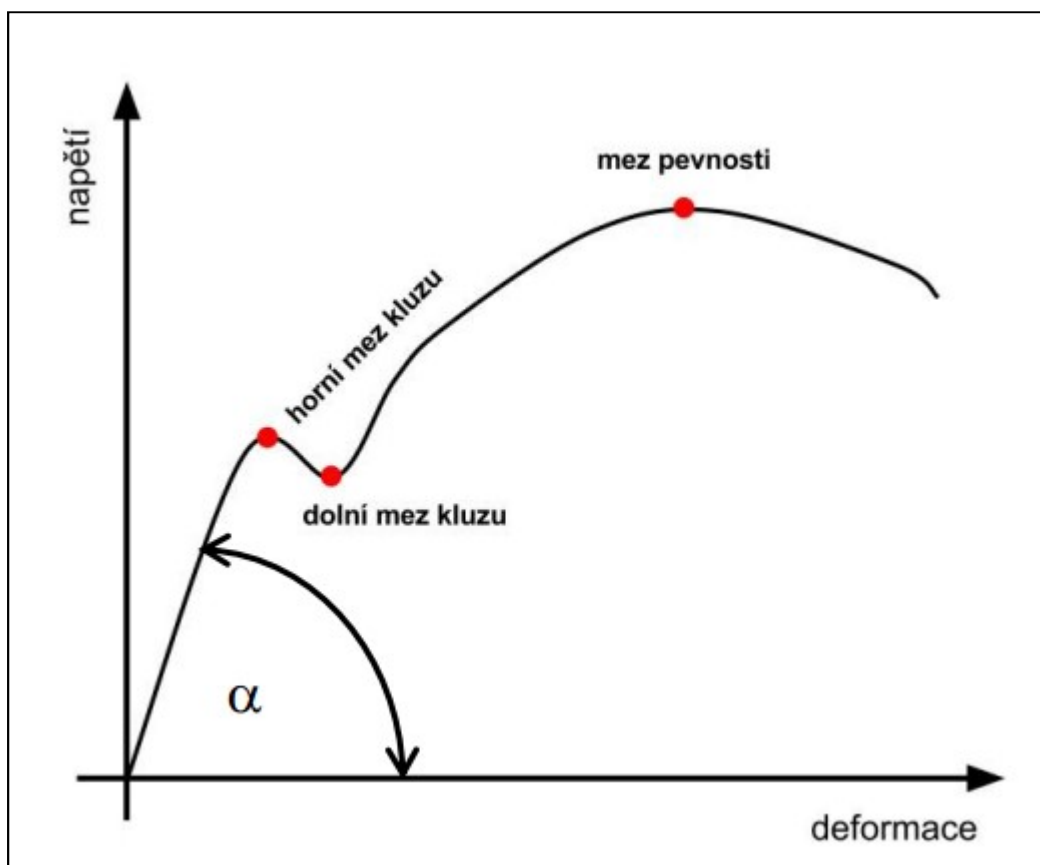
Obrázek 28 Výkres zkušební tyče



Obrázek 29 Zkušební tyč pro tahovou zkoušku

Zkouška tahem patří mezi zkoušky mechanických vlastností, pomocí které jsou určovány základní mechanické charakteristiky materiálů. Testované parametry této zkoušky pro experimentální část jsou [17]:

- **Mez kluzu R_e** – napětí, při kterém se začínají objevovat první plastické (trvalé) deformace. V tahovém diagramu s výraznou mezí kluzu určíme horní (R_{eH}) a spodní (R_{eL}) mez kluzu z důvodů krátkodobého poklesu napětí.
- **Mez pevnosti v tahu R_m** – maximální hodnota napětí, při kterém ještě není narušena celistvost materiálu. Hodnota je poměrem největší zatěžující síly k původnímu průřezu.
- **Tažnost A_5** – je poměrné prodloužení počáteční délky tyče po přetržení.
- **Plastické prodloužení A_g** – plastické prodloužení při maximálním zatížení.



Obrázek 30 Tahový diagram s výraznou mezí kluzu [17]

4 Výsledky experimentálního měření vlivu tepelného zpracování na obrobitelnost materiálu při technologii soustružení

Tato kapitola shrnuje experimentálně naměřené hodnoty řezných sil technologie soustružení a zhodnocuje dosažené výsledky pro řadu vzorků různě tepelně zušlechtěných v kombinaci se stanovenými řeznými podmínkami. Data jsou pro přehlednost zpracována do tabulek a grafů pomocí programu Excel. Použity jsou průměrné hodnoty vždy s 5-ti měření. Data jsou k dispozici v příloze B.

Tabulka 8 Střední hodnoty naměřených sil pro řezné podmínky: otáčky 224 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.

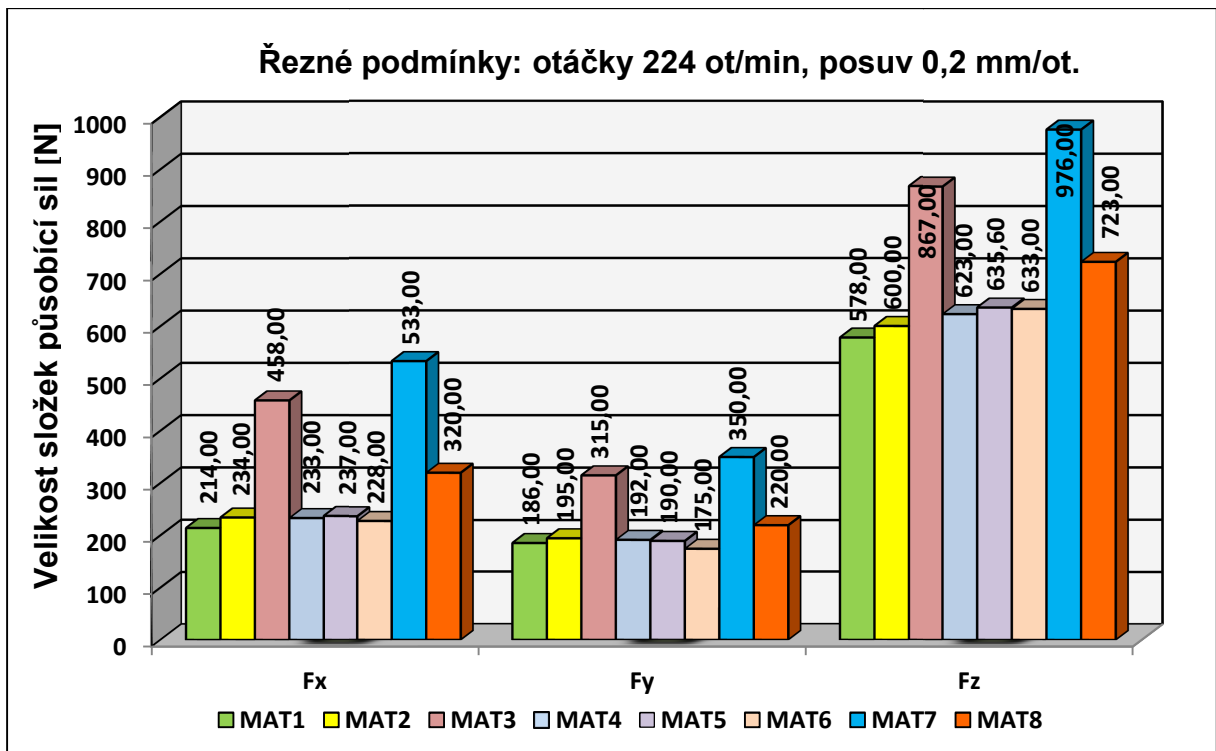
Řezné podmínky: otáčky 224 ot/min, posuv 0,2 mm/ot	F _x [N]	F _y [N]	F _z [N]
MAT1 - bez zušlechtění	214,00±03,74	186,00±08,00	578,00±19,39
MAT2 - žíhaný materiál	234,00±34,41	195,00±17,32	600,00±35,21
MAT3 - 5x tep. cyklů	458,00±20,40	315,00±08,94	867,00±24,41
MAT4 - 10x tep. cyklů	233,00±08,72	192,00±13,64	623,00±23,15
MAT5 - 15x tep. cyklů	237,00±17,78	190,00±10,49	635,60±06,28
MAT6 - 20x tep. cyklů	228,00±09,27	175,00±03,16	633,00±15,36
MAT7 - 25x tep. cyklů	553,00±23,58	350,00±18,17	976,00±26,53
MAT8 - 30x tep. cyklů	320,00±46,58	220,00±14,14	723,00±43,31

kde:

F_x – posuvová síla [N],

F_y – příusuvová síla [N],

F_z – řezná síla [N].

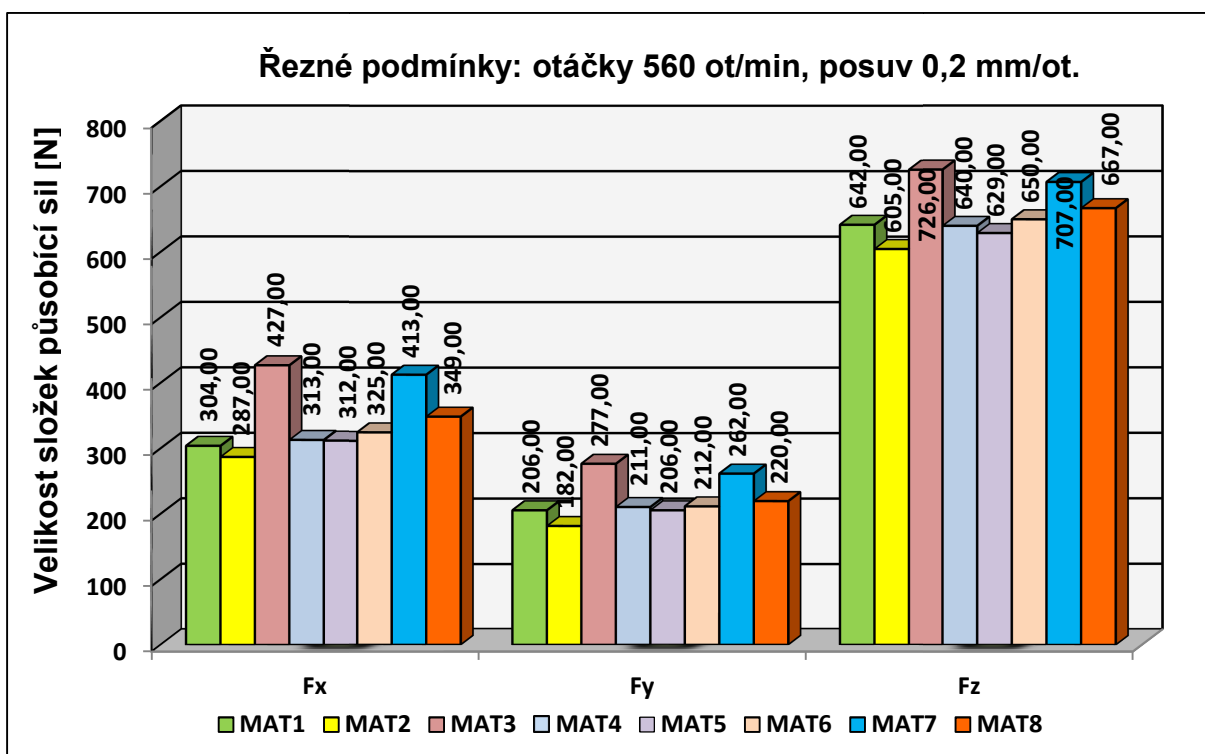


Graf 1 Znáornění hodnot řezných sil pro řezné podmínky: otáčky 224 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.

Z uvedených hodnot v tabulce 8 a sestrojeného grafu 1 vyplývá, že při soustružení **otáčkách 224 ot/min a posuvem 0,02 mm/ot**, bylo dosaženo nejhorších hodnot řezných sil u materiálu č. 7 s 25 cykly tepelného zpracování. Druhé nejhorší hodnoty byly dosaženy u materiálu č. 3 s 5-ti cykly tepelného zušlechťení. Nejlepší hodnoty byly naměřeny u materiálu č.1 bez tepelného zušlechťení. Rozdíl mezi nejhorší a nejlepší hodnotou činí téměř 60%.

Tabulka 9 Střední hodnoty naměřených sil pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.

Řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,2 mm/ot	Fx[N]	Fy[N]	Fz[N]
MAT1 - bez zušlechťení	304,00±18,28	206,00±10,20	642,00±08,72
MAT2 - žíhaný materiál	287,00±08,72	182,00±11,66	605,00±08,94
MAT3 - 5x tep.cykus	427,00±05,10	277,00±07,48	726,00±13,93
MAT4 - 10x tep.cykus	313,00±18,87	211,00±10,20	640,00±10,49
MAT5 - 15x tep.cykus	312,00±06,78	206,00±09,70	629,00±34,70
MAT6 - 20x tep.cykus	325,00±08,37	212,00±15,68	650,00±16,43
MAT7 - 25x tep.cykus	413,00±07,48	262,00±27,86	707,00±06,00
MAT8 - 30x tep.cykus	349,00±10,20	220,00±05,48	667,00±04,00

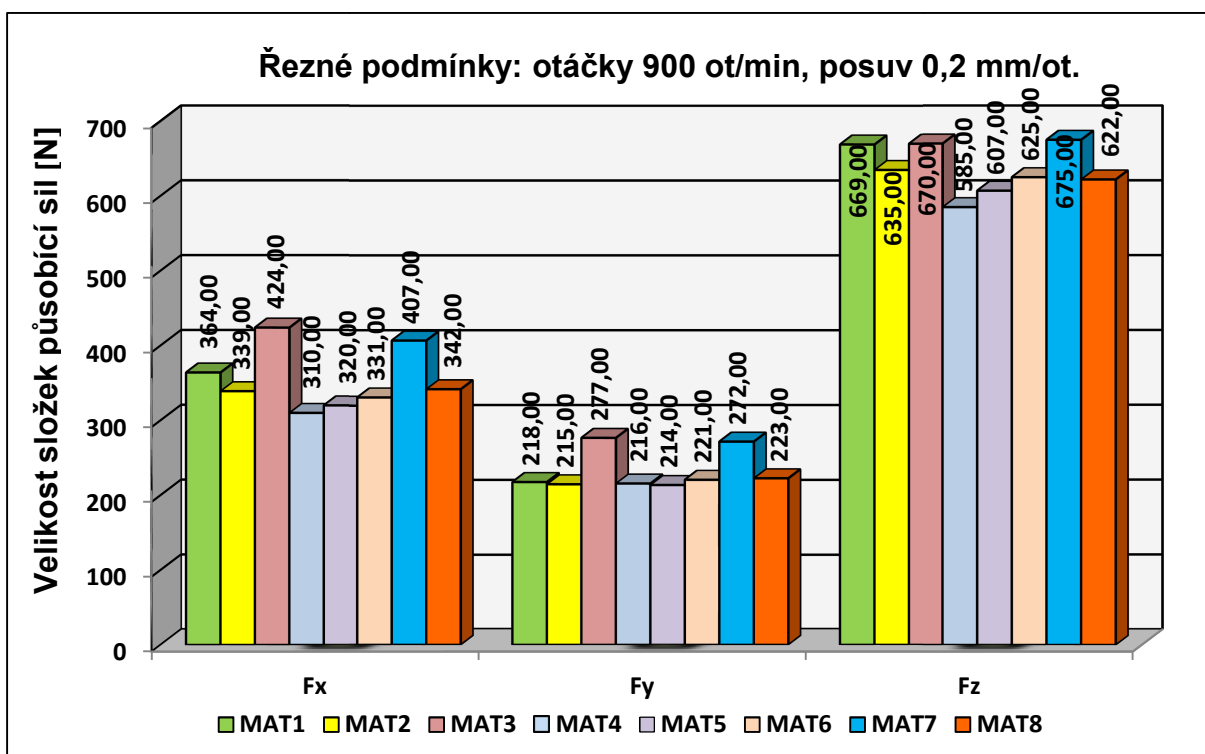


Graf 2 Znárodnění hodnot řezných sil pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.

Hodnoty uvedené v tabulce č. 9 a grafu č. 2 odpovídají obrábění s **otáčkami 560 ot/min** a **posuvem 0,2 mm/ot**. Nejhorších výsledků bylo naměřeno u materiálů č. 7 a 3 jako v předchozím případě, ale rozdíly nebyly tak velké. Nejlepších hodnot bylo dosaženo u materiálu č. 2. Ostatní materiály opět vykazují podobná data řezných sil bez větších rozdílů.

Tabulka 10 Střední hodnoty naměřených sil pro řezné podmínky: otáčky 900 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.

Řezné podmínky: otáčky 900 ot/min, posuv 0,2 mm/ot	Fx[N]	Fy[N]	Fz[N]
MAT1 - bez zušlechtění	364,00±09,70	218,00±10,30	669,00±11,14
MAT2 - žíhaný materiál	339,00±13,56	215,00±12,65	635,00±14,14
MAT3 - 5x tep.cykus	424,00±19,85	277,00±09,27	670,00±16,43
MAT4 - 10x tep.cykus	310,00±11,40	216,00±13,19	585,00±08,94
MAT5 - 15x tep.cykus	320,00±10,00	214,00±05,83	607,00±11,22
MAT6 - 20x tep.cykus	331,00±11,58	221,00±07,35	625,00±10,49
MAT7 - 25x tep.cykus	407,00±23,58	272,00±06,78	675,00±13,04
MAT8 - 30x tep.cykus	342,00±08,12	223,00±09,80	622,00±09,27

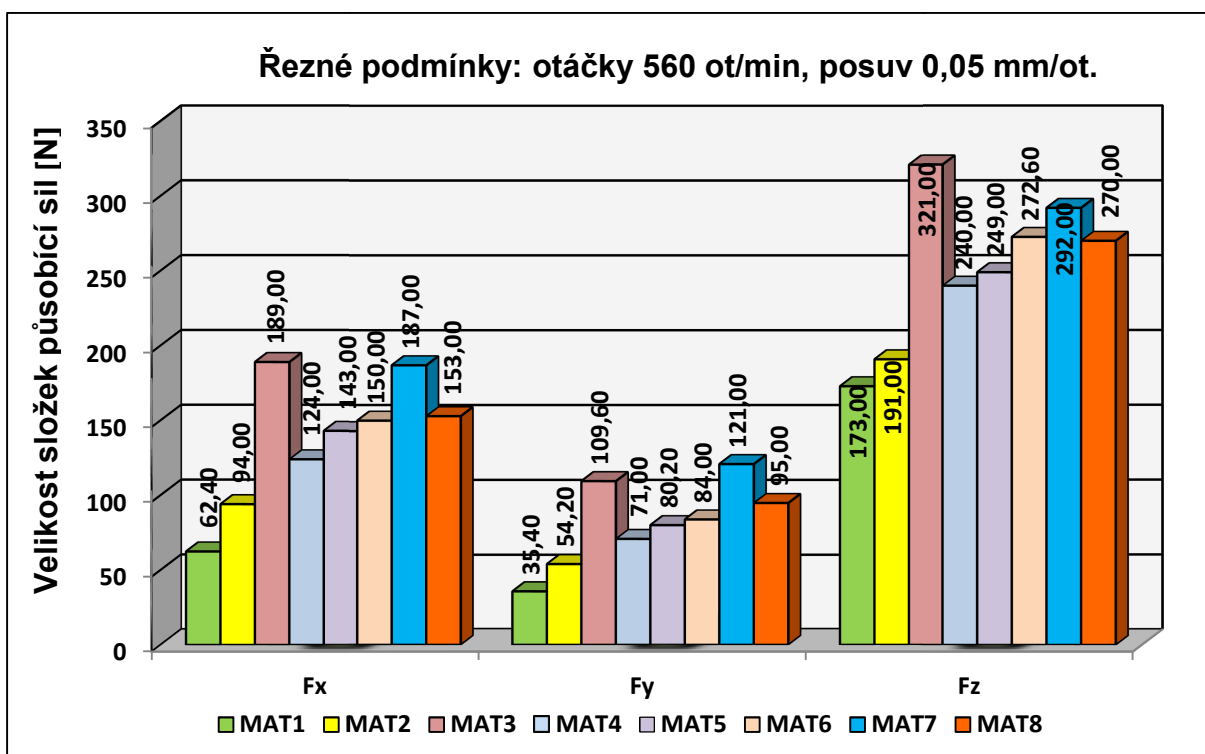


Graf 3 Znárodnění hodnot řezných sil pro řezné podmínky: otáčky 900 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.

Pro řezné podmínky v parametrech **otáčky 900 ot/min** a **posuv 0,2 mm/ot** jsou hodnoty uvedeny v tabulce 10 a grafu 3. Nejhorší hodnoty byly opět naměřeny pro materiál č. 3 a 7. U řezné síly F_z je navíc výraznou položkou i materiál č. 1, kde byla naměřena třetí nejhorší hodnota. V porovnání s předcházejícími grafy se zvýšily hodnoty u síly F_x , síly F_y zůstaly na podobných hodnotách.

Tabulka 11 Střední hodnoty naměřených sil pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,05 mm/ot.

Řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,05 mm/ot	Fx[N]	Fy[N]	Fz[N]
MAT1 - bez zušlechtění	62,40±05,75	35,40±09,50	173,00±02,45
MAT2 - žíhaný materiál	94,00±10,68	54,20±05,00	191,00±06,63
MAT3 - 5x tep.cykus	189,00±08,60	109,60±04,54	321,00±03,74
MAT4 - 10x tep.cykus	124,00±07,35	71,00±03,74	240,00±05,48
MAT5 - 15x tep.cykus	143,00±02,45	80,20±10,32	249,00±03,74
MAT6 - 20x tep.cykus	150,00±05,48	84,00±07,35	272,60±09,22
MAT7 - 25x tep.cykus	187,00±05,10	121,00±06,63	292,00±06,78
MAT8 - 30x tep.cykus	153,00±05,10	95,00±07,75	270,00±03,16

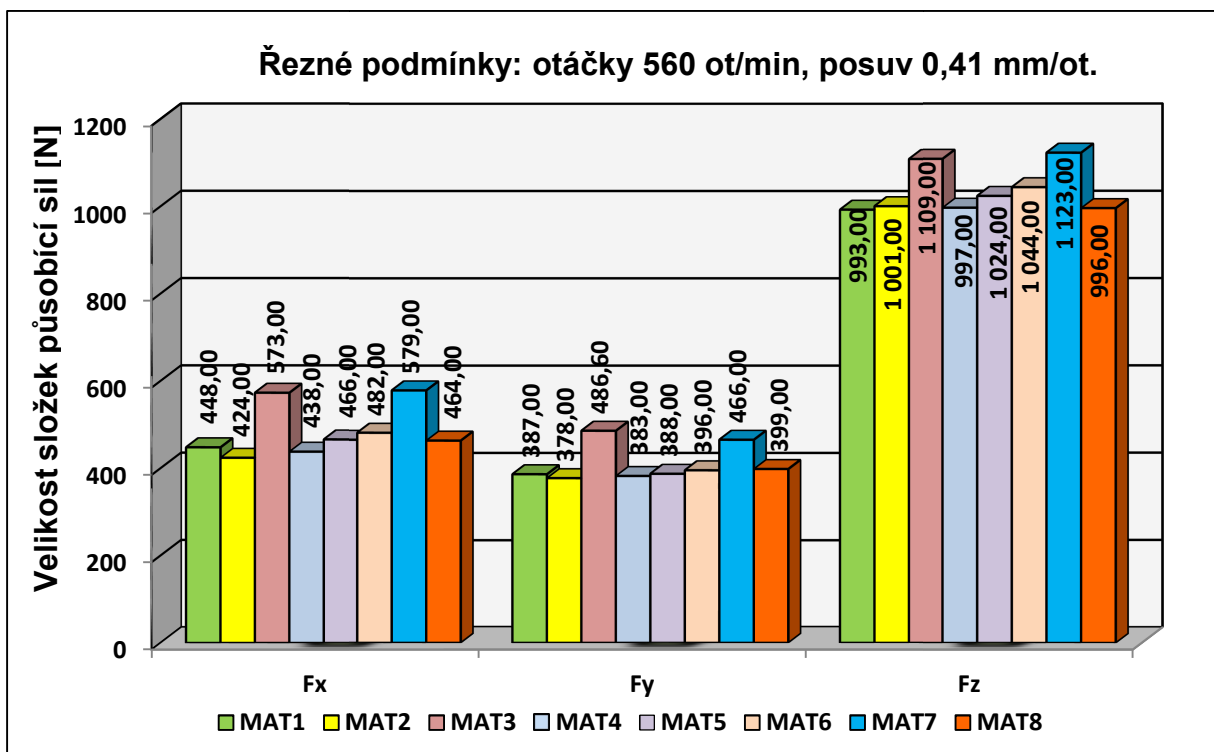


Graf 4 Znáznornění hodnot řezných sil pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,05 mm/ot.

Tabulka 11 a graf 4 odpovídají hodnotám pro řezné podmínky **otáček 560 ot/min** a **posuvu 0,05 mm/ot**. Nejlepších hodnot bylo dosaženo u obrábění materiálu č. 1 a 2, kde neproběhlo tepelné zušlechtění v cyklech. V porovnání s nejhorší hodnotou činí rozdíl v průměru skoro 60%. Nejhorších hodnot bylo dosaženo u materiálu č. 3 a 7. Třetí nejhorší hodnota připadla materiálu č. 8.

Tabulka 12 Střední hodnoty naměřených sil pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,41 mm/ot.

Řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,41 mm/ot	Fx[N]	Fy[N]	Fz[N]
MAT1 - bez zušlechtění	448,00±15,03	387,00±11,22	993,00±15,68
MAT2 - žíhaný materiál	424,00±17,72	378,00±12,88	1001,00±15,62
MAT3 - 5x tep.cykus	573,00±09,80	486,60±27,32	1109,00±21,07
MAT4 - 10x tep.cykus	438,00±11,22	383,00±10,77	997,00±25,22
MAT5 - 15x tep.cykus	466,00±23,32	388,00±11,66	1024,00±25,77
MAT6 - 20x tep.cykus	482,00±19,39	396,00±10,20	1044,00±24,17
MAT7 - 25x tep.cykus	579,00±03,74	466,00±18,81	1123,00±22,05
MAT8 - 30x tep.cykus	464,00±18,55	399,00±10,20	996,00±20,59



Graf 5 Znáznornění hodnot řezných sil pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,41 mm/ot.

Z výše uvedených údajů (tabulka 12) a sestrojeného grafu 5 vyplývá, že při soustružení s **otáčkami 560 ot/min** a **posuvem 0,41 mm/ot** dosahují nejhorších hodnot řezných sil materiály č. 3 a 7. Pro tyto materiály se u všech zvolených podmínek obrábění naměřily nejhorší hodnoty. Materiál č. 3 byl zušlechtěn 5-ti cykly tepelného zpracování. U tohoto materiálu došlo ke zpevnění vlivem tepla a tudíž narostly síly potřebné k jeho obrobení.

U materiálů, které byly zušlechtěny 10-ti, 15-ti a 20-ti cykly, nebylo prokázáno užití významně vyšších řezných sil než u materiálu bez zušlechtění. Výraznému zpevnění materiálu došlo až u materiálu č. 7, který byl tepelně namáhán 25-ti cykly. U materiálu tepelně zpracovaném 30-ti cykly byly hodnoty řezných sil opět podobné jako u materiálu č. 1 bez tepelného namáhání.

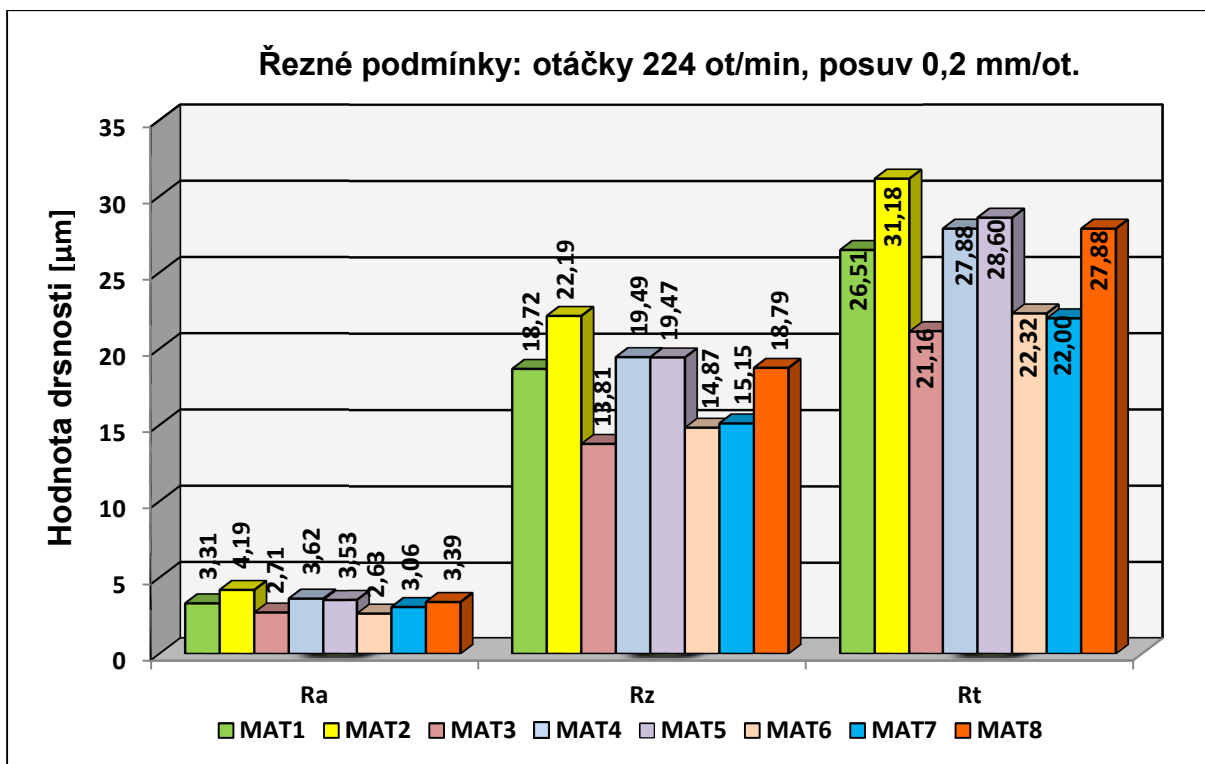
5 Výsledky experimentálního měření vlivu tepelného zpracování na drsnost povrchu při technologii soustružení

V této kapitole jsou shrnuty výsledky naměřených hodnot drsnosti povrchů obrobených vzorků s ohledem na jejich tepelné zpracování a řezné podmínky soustružení. Hodnoceny jsou tyto parametry: R_a (průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu), R_z (největší výška profilu), R_t (celková výška profilu).

Na každém obrobeném segmentu bylo provedeno 10 měření z důvodu minimalizace případných odchylek. Parametry drsnosti povrchu byly měřeny pomocí profiloměru Mitutoyo SurfTest SV-2000 N2 a vyhodnoceny v programu SurfPak. Průměrné hodnoty naměřených dat byly pro přehlednost uspořádány do tabulek a grafů vytvořených programem Microsoft Excel. Všechny naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu jsou přiloženy v příloze D.

Tabulka 13 Průměrné hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro řezné podmínky: otáčky 224 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.

Řezné podmínky: otáčky 224 ot/min, posuv 0,2 mm/ot	$R_a[\mu\text{m}]$	$R_z[\mu\text{m}]$	$R_t[\mu\text{m}]$
MAT1 - bez zušlechťení	3,31±0,20	18,72±1,70	26,51±3,93
MAT2 - žíhaný materiál	4,19±0,44	22,19±1,53	31,18±2,78
MAT3 - 5x tep.cykus	2,71±0,43	13,81±2,13	21,16±5,67
MAT4 - 10x tep.cykus	3,62±0,60	19,49±4,53	27,88±6,80
MAT5 - 15x tep.cykus	3,53±1,30	19,47±5,09	28,60±3,59
MAT6 - 20x tep.cykus	2,63±0,49	14,87±2,94	22,32±4,31
MAT7 - 25x tep.cykus	3,06±0,71	15,15±3,13	22,00±2,90
MAT8 - 30x tep.cykus	3,39±0,60	18,79±2,36	27,88±3,85

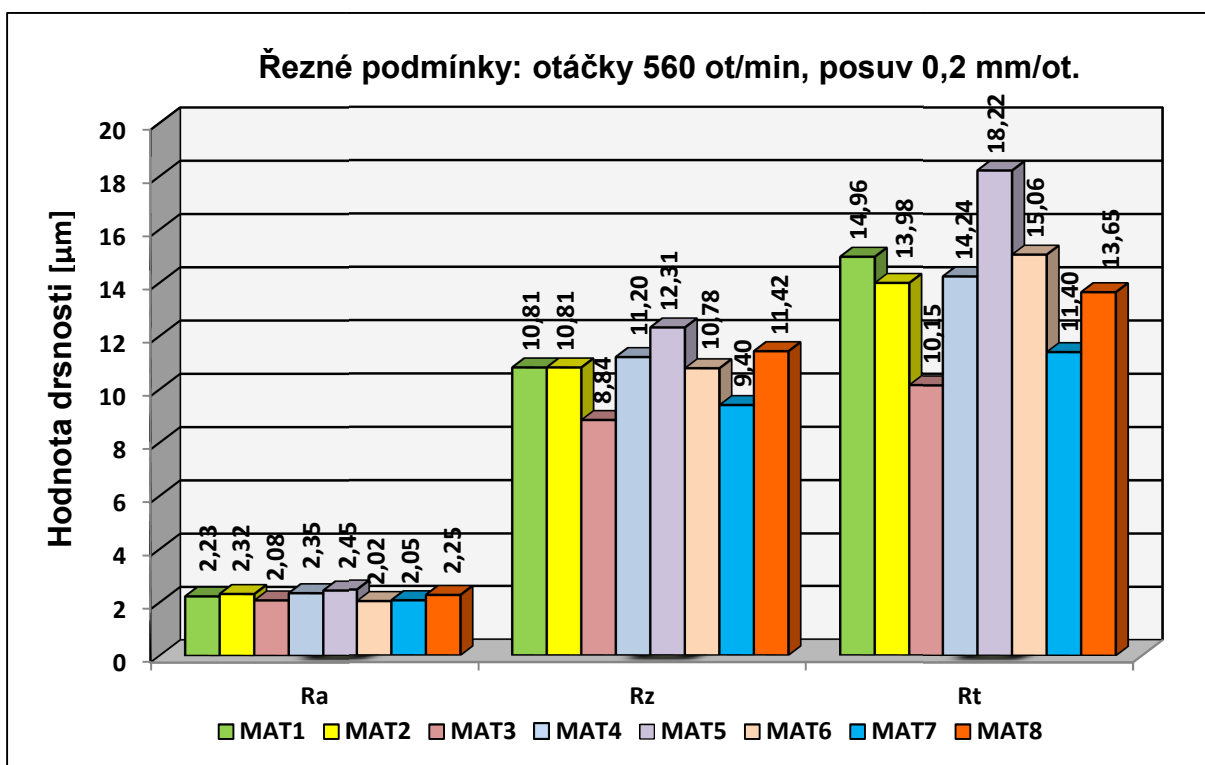


Graf 6 Znárodnění hodnot parametrů drsnosti pro řezné podmínky: otáčky 224 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.

Z výše uvedených údajů (viz tabulka 13) a sestaveného grafu 6 vyplývá, že při soustružení při **otáčkách 224 ot/min** a **posuvem 0,2 mm/min.**, bylo dosaženo nejhorších parametrů drsnosti povrchu u materiálu č. 2, který byl tepelně zušlechťen žíháním. Nejlepší hodnoty byly naměřeny pro materiál č. 3, který byl tepelně zpracován 5-ti cykly tepelného zušlechťení.

Tabulka 14 Průměrné hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,2 mm/o

Řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,2 mm/ot	Ra[µm]	Rz[µm]	Rt[µm]
MAT1 - bez zušlechťení	2,23±0,32	10,81±0,95	14,96±2,78
MAT2 - žíhaný materiál	2,32±0,44	10,81±1,05	13,98±5,01
MAT3 - 5x tep.cykus	2,08±0,08	8,84±0,48	10,15±1,65
MAT4 - 10x tep.cykus	2,35±0,08	11,20±0,54	14,24±2,90
MAT5 - 15x tep.cykus	2,45±0,29	12,31±1,95	18,22±4,59
MAT6 - 20x tep.cykus	2,02±0,46	10,78±2,46	15,06±5,08
MAT7 - 25x tep.cykus	2,05±0,03	9,40±0,19	11,40±0,76
MAT8 - 30x tep.cykus	2,25±0,09	11,42±0,41	13,65±0,53

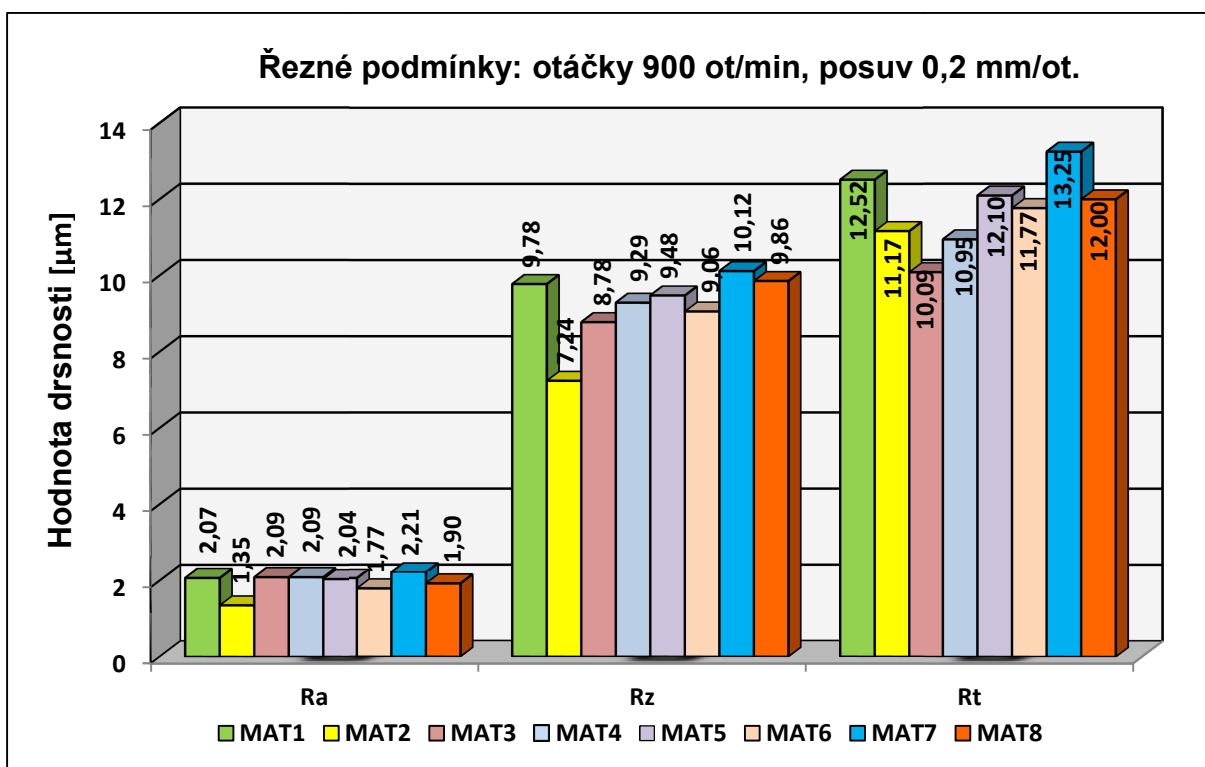


Graf 7 Znárodnění hodnot parametrů drsnosti pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.

V tabulce 14 a grafu 7 jsou uvedeny hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro otáčky 560 ot/min a posuv 0,2 mm/ot. Nejlepší hodnoty byly naměřeny opět u materiálu č. 3 a 7 po 5-ti a 25-ti cyklech tepelného zušlechtění. Nejhorší hodnoty byly naměřeny u materiálu č. 5.

Tabulka 15 Průměrné hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro řezné podmínky: otáčky 900 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.

Řezné podmínky: otáčky 900 ot/min, posuv 0,2 mm/ot	Ra[µm]	Rz[µm]	Rt[µm]
MAT1 - bez zušlechtění	2,07±0,18	9,78±0,96	12,52±3,31
MAT2 - žíhaný materiál	1,35±0,15	7,24±0,58	11,17±3,52
MAT3 - 5x tep.cyklus	2,09±0,10	8,78±0,63	10,09±2,42
MAT4 - 10x tep.cyklus	2,09±0,10	9,29±0,48	10,95±1,74
MAT5 - 15x tep.cyklus	2,04±0,10	9,48±0,96	12,10±3,31
MAT6 - 20x tep.cyklus	1,77±0,17	9,06±1,13	11,77±2,44
MAT7 - 25x tep.cyklus	2,21±0,60	10,12±0,56	13,25±1,85
MAT8 - 30x tep.cyklus	1,90±0,14	9,86±0,42	12,00±0,90

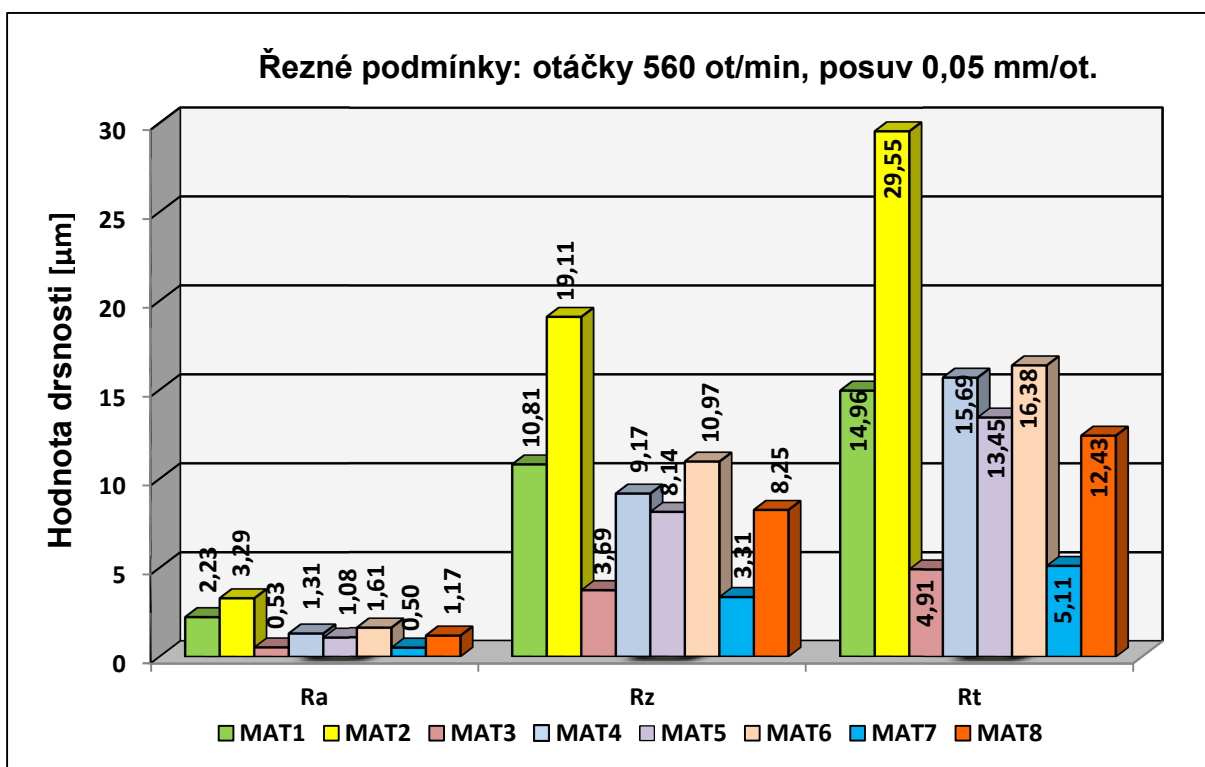


Graf 8 Znárodnění hodnot parametrů drsnosti pro řezné podmínky: otáčky 900 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.

Hodnoty uvedené v tabulce 15 a jejich zobrazení v grafu 8 odpovídá experimentálnímu měření drsnosti povrchu při obrábění s **otáčkami 900 ot/min** a **posuvem 0,02 mm/ot**. Nejlepších hodnot bylo naměřeno u materiálu č. 2 po tepelné úpravě žíháním, nejhorších hodnot u materiálu č. 7.

Tabulka 16 Průměrné hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,05 mm/ot.

Řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,05 mm/ot	Ra[µm]	Rz[µm]	Rt[µm]
MAT1 - bez zušlechťení	2,23±0,32	10,81±0,95	14,96±2,78
MAT2 - žíhaný materiál	3,29±0,26	19,11±1,48	29,55±3,62
MAT3 - 5x tep.cykus	0,53±0,11	3,69±1,04	4,91±3,38
MAT4 - 10x tep.cykus	1,31±0,85	9,17±4,53	15,69±6,80
MAT5 - 15x tep.cykus	1,08±0,18	8,14±1,21	13,45±1,97
MAT6 - 20x tep.cykus	1,61±0,14	10,97±1,17	16,38±1,88
MAT7 - 25x tep.cykus	0,50±0,08	3,31±0,69	5,11±1,69
MAT8 - 30x tep.cykus	1,17±0,08	8,25±0,57	12,43±1,22

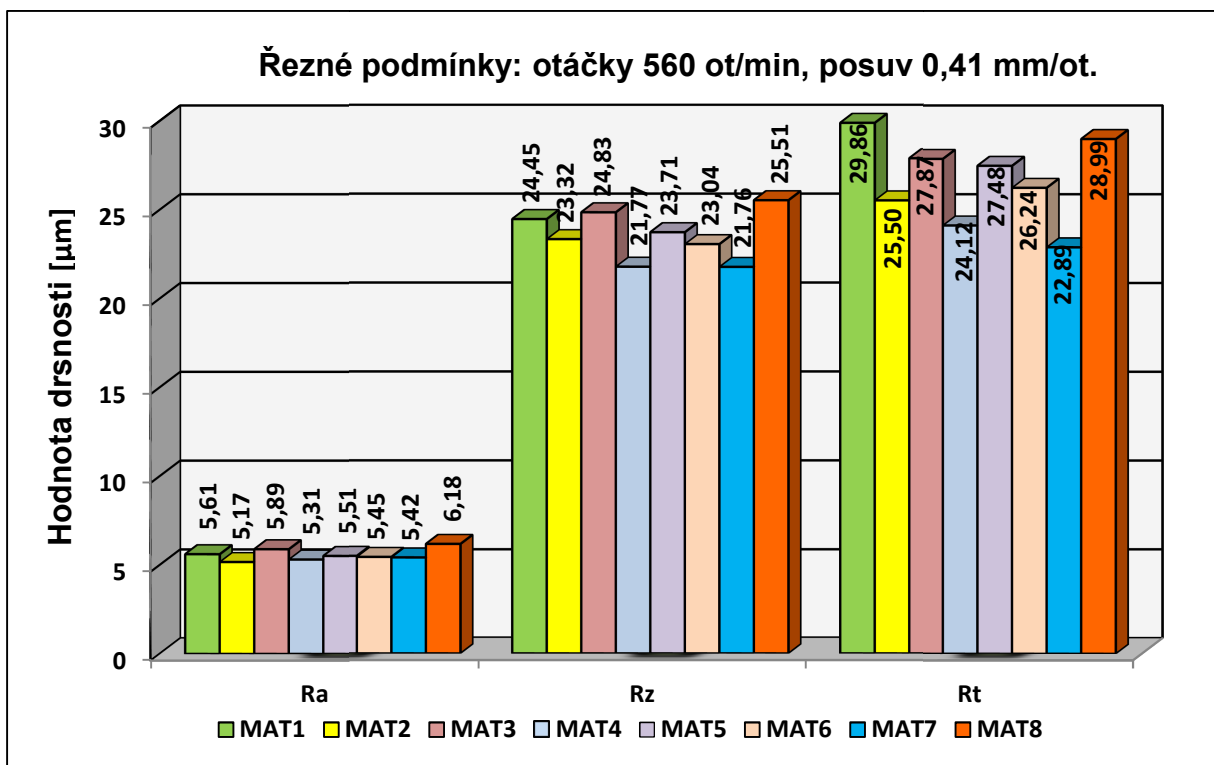


Graf 9 Znárodnění hodnot parametrů drsnosti pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,05 mm/ot.

Z naměřených hodnot v tabulce 16 a sestrojeného grafu 9 plyne, že pro podmínky obrábění s **otáčkami 560 ot/min** a **posuvem 0,05 mm/ot.** bylo dosaženo nejlepších hodnot drsnosti povrchu u materiálu č. 7. Naopak nejhorší hodnoty byly naměřeny u materiálu č. 2., kde činil rozdíl skoro 80% v porovnání s materiálem č 7.

Tabulka 17 Průměrné hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,41 mm/ot.

Řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,41 mm/ot	Ra[μm]	Rz[μm]	Rt[μm]
MAT1 - bez zušlechtnění	5,61 \pm 0,17	24,45 \pm 0,89	29,86 \pm 3,27
MAT2 - žíhaný materiál	5,17 \pm 0,10	23,32 \pm 1,12	25,50 \pm 1,52
MAT3 - 5x tep.cykus	5,89 \pm 0,13	24,83 \pm 0,31	27,87 \pm 1,23
MAT4 - 10x tep.cykus	5,31 \pm 0,18	21,77 \pm 0,43	24,12 \pm 1,15
MAT5 - 15x tep.cykus	5,51 \pm 0,10	23,71 \pm 0,59	27,48 \pm 0,91
MAT6 - 20x tep.cykus	5,45 \pm 0,24	23,04 \pm 1,07	26,24 \pm 2,04
MAT7 - 25x tep.cykus	5,42 \pm 0,35	21,76 \pm 0,65	22,89 \pm 0,80
MAT8 - 30x tep.cykus	6,18 \pm 0,31	25,51 \pm 1,32	28,99 \pm 3,60



Graf 10 Znárodnění hodnot parametrů drsnosti pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,41 mm/ot.

Hodnoty parametrů drsnosti pro podmínky obrábění s **otáčkami 560 ot/min** a **posuvem 0,41 mm/ot.** jsou uvedeny v tabulce 17 a graficky zřehledněny v grafu 10. Nejlepší hodnoty byly naměřeny pro materiál 4 a 7 a nejhorší hodnoty pro materiál č. 8. Rozdíly v hodnotách jednotlivých materiálů nevykazují větší skokové změny, data mají přibližně stejné hodnoty.

Největší rozdíly v hodnotách drsnosti byly naměřeny u řezných podmínek s otáčkami 560 ot/min a posuvem 0,05mm/ ot., kde u parametru *Ra* byl rozdíl nejnižší a nejvyšší hodnoty 84,8%, u parametru *Rz* byl rozdíl 82,68% a u parametru *Rt* byl rozdíl 83,38%.

Obecně nejhorších hodnot u všech třech parametrů bylo naměřeno u podmínek obrábění s otáčkami 560 ot/min a posuvem 0,41 mm/ot. Tyto podmínky vytvářely u všech materiálů hrubý a drsný povrch s nerovnoměrnou strukturou

Obecně nejlepších hodnot u všech třech parametrů bylo naměřeno u podmínek obrábění s otáčkami 900 ot/min a posuvem 0,2 mm/ot. Tyto podmínky vytvářely u všech materiálů jemný a hladký povrch s rovnoměrnou strukturou.

6 Výsledky experimentálního měření vlivu tepelného zpracování na mechanické vlastnosti při technologii soustružení

Následující kapitola uvádí experimentálně naměřené hodnoty mechanických vlastností jednotlivých materiálů po tepelném zpracování, vyhodnocuje zvolené parametry a porovnává je navzájem. Bylo provedeno 5 tahových zkoušek od každého materiálu a testovány byly tyto parametry: R_m (mez pevnosti v tahu), R_e (mez kluzu), R_{eH} (horní mez kluzu), R_{eL} (spodní mez kluzu), A_5 (tažnost), A_g (plastické prodloužení). Tahové zkoušky byly provedeny podle statické zkoušky tahem EN ISO 6892-1 pro jednoosou napjatost [18] a naměřené hodnoty tabulkově zpracovány programem Microsoft Excel. Výstupní data z této zkoušky včetně tahových diagramů jsou součástí přílohy E.

Pro porovnání výsledků je nejprve nutné uvést hodnoty, které odpovídají průměrným mechanickým hodnotám oceli 11368 (P265GH) podle normy ČSN EN 10028-2-01-2010 [18]. Tloušťka materiálu je vztažena na původní polotovár, kterým byla deska tl. 20mm. Postupně byly vzorky obrobena na pr. 16 mm a dále na průměr 8 mm v zátěžové části zkušebních tyčí pro tahovou zkoušku. Parametr průměru byl také jedním z měřených hodnot u tahové zkoušky a je uveden v protokolu. Pro zajímavost jsou v tabulce uvedeny smluvní meze kluzu měřené za zvýšených teplot, které sice neodpovídají testovaným teplotám, ale je možné vidět, kam se hranice meze kluzu bude posouvat.

Tabulka 18 Normované hodnoty parametrů mechanických vlastností oceli 11368

ČSN EN 10028-2-01-2010	Ocel	Tloušťka [mm]	min. R_{eH} [MPa]	R_m [MPa]	A [%] min.	Mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa] při teplotě ve C°		
						300	350	400
Mechanické vlastnosti platné pro příčný směr	11368	$16 < t \leq 40$	255	410-530	22	166	154	145

parametr	D [mm]	ReL [MPa]	ReH [MPa]	Rm [MPa]	A5 [%]	Ag [%]
MAT1 - bez zušlechtění	8,03±0,03	380,30±2,8	419,70±8,5	490,20±4,0	33,56±0,93	17,09±0,32
MAT2 - žíhaný materiál	8,02±0,03	286,10±4,9	294,40±4,7	443,80±2,3	34,84±0,68	17,27±0,31
MAT3 - 5x tep.cykklus	8,11±0,03	241,70±3,0	263,50±8,8	407,30±2,9	39,24±0,53	19,32±0,44
MAT4 - 10x tep.cykklus	8,04±0,02	262,20±1,4	277,10±1,4	438,00±2,3	37,27±0,74	18,04±0,36
MAT5 - 15x tep.cykklus	8,02±0,01	254,90±4,0	266,70±5,6	438,60±1,9	37,72±0,88	18,39±0,28
MAT6 - 20x tep.cykklus	8,03±0,01	259,10±0,8	273,20±5,9	443,30±1,8	37,26±0,69	18,14±0,34
MAT7 - 25x tep.cykklus	8,03±0,02	239,10±0,9	268,00±9,5	411,40±1,5	39,03±0,76	19,79±0,36
MAT8 - 30x tep.cykklus	7,97±0,02	254,60±1,3	284,40±5,2	428,70±2,4	38,97±1,29	19,45±0,28

Tabulka 18 Průměrné hodnoty parametrů mechanických vlastností naměřených tahovou zkouškou.

U materiálu č. 1, který nebyl tepelně namáhán, byl předpoklad výsledných hodnot podobný hodnotám normovaným. U většiny parametrů byly hodnoty vyšší než jsou minimální hodnoty, které norma udává. Pro mez kluzu byly hodnoty překročeny o 32,9%, u meze pevnosti byla naměřená hodnota v tolerančním poli. U tažnosti byla hodnota vyšší o 34,45%.

Materiál č. 2 byl zušlechtěn žíháním a byl vystaven teplotám 930°C. Mez pevnosti se snížila o 9,5% vůči materiálu č. 1 a zvýšila se tažnost. Výrazně se snížily spodní i horní meze kluzu, takže se první plastické deformace objeví při tváření materiálu dříve než u materiálu bez tepelného zušlechtění.

Snižování spodních i horních hodnot meze kluzu pokračuje i u materiálu č. 3, který prošel 5-ti cykly tepelného zpracování. U tohoto materiálu byla naměřena hodnota spodní meze kluzu o 36,5% nižší než u materiálu č. 1 a horní mez byla snížena o 37,23%. Tažnost materiálu se zvýšila o 14,48% stejně jako plastické prodloužení, což vedlo k tvárnější formě materiálu. Výrazně se snížila i mez pevnosti materiálu. Ve srovnání s materiálem č. 1 bez tepelné úpravy je tato hodnota nižší o 17%. Je to vůbec nejnižší průměrná hodnota meze pevnosti v celém experimentu.

U materiálu č. 4 byly naměřeny nepatrně vyšší hodnoty mezí kluzu než u materiálu č. 4, které vedly ke snížení tažnosti. Meze kluzu se zvýšily v průměru o 7% a tažnost se snížila o 5%. Materiál byl tepelně zpracován 10-ti cykly.

Hodnoty bez výraznějších změn byly naměřeny i u materiálů č. 5 a 6. Tyto materiály prošly 15-ti a 20-ti cykly tepelného zpracování bez znatelných změn

mechanických vlastností. Neprojevilo se tedy vliv těchto tepelných cyklů na změnu struktury materiálu.

Výrazných změn v hodnotách mechanických parametrů bylo zaznamenáno u materiálu č. 7, který prošel 25-ti teplotními cykly. Došlo k poklesu spodní meze kluzu o 7% ve srovnání s materiálem č. 6. Tato hodnota je nižší o 37, 27% ve srovnání s materiálem bez tepelného zušlechťení a je to nejnižší průměrná hodnota tohoto parametru v experimentu. Došlo k poklesu i horní meze kluzu a meze pevnosti. Naopak došlo ke zvýšení tažnosti a plastického prodloužení.

Materiál č. 8 prošel největším tepelným zatížením a tím bylo 30 opakovaných cyklů. Mez pevnosti se oproti předchozímu materiálu zvýšila o 4 % a stejné navýšení proběhlo i u ostatních parametrů. Došlo k mírnému poklesu hodnoty tažnosti a plastického prodloužení.

Jediným parametrem měřeným v této části práce, který není normován a uváděn v atestech k příslušnému materiálu, je plastické prodloužení. Jedná se o prodloužení zkušební tyče v místě největšího normálového napětí tj. v mezi pevnosti. Obecně se dá říci, že je to míra soudržnosti materiálu v kritickém bodě napětí.

7 Diskuze výsledků vlivu opakovaného tepelného zpracování materiálu na jeho vlastnosti

Hlavním cílem této diplomové práce byl výzkum opakovaného tepelného zpracování materiálu a jeho vliv na následné obrobení, kvalitu povrchu a mechanické vlastnosti. Nedílnou součástí výzkumu je porovnání a vyhodnocení výsledků experimentálních měření v závislosti na hodnotících kriteriích, kterými byly řezné podmínky.

K dosažení cíle bylo nutné zvolenou ocel 11368 (P265GH) nejprve cyklicky tepelně zatížit a následně připravit vzorky vhodné k obrobení. Navržením vhodných metod měření pro otázku obrobitelnosti materiálu, kvalitu povrchu, mechanické vlastnosti a jejich následnou aplikací v experimentální části byl získán ucelený soubor dat vhodný k následnému zpracování a vyhodnocení.

Nezbytné základní pojmy týkající se řešené problematiky, vztahy a definice jsou uvedeny v teoretické části kapitoly 2.

Do této části práce jsou zahrnuty přehledně informace o technologii soustružení konkrétně o řezných podmínkách (podkapitola 2.1.1) s následným popisem řezného nástroje (podkapitola 2.1.2) a geometrií bříty (podkapitola 2.1.3). Dále je popisována problematika tvorby třísky (podkapitola 2.1.4) a řezných sil v technologii soustružení (podkapitola 2.1.5). V následujících kapitolách jsou předkládány základní metody tepelného zpracování oceli s úvodním popisem diagramu Fe – Fe₃C (podkapitola 2.2.1). Záměrně jsou popisovány pouze ty metody tepelného zpracování, které se v praxi využívají nejvíce a s jejichž aplikací na materiálech se můžeme setkat a využívat je.

Pro účely experimentu byla použita podeutektoidní, nelegovaná nízkouhlíková ocel 11368 (P265GH) s obsahem uhlíku menším než 0,2%.

Žíhací cyklus (materiál č. 3) byl založen na pomalém ohřevu (rychlost 1,5°C/min) na teplotu 930°C, následovala výdrž na této teplotě a pomalé ochlazování v otevřené peci. Po ukončení tohoto cyklu došlo ke zrovnoměrnění struktury a snížení vnitřního pnutí. U materiálu 11368 (P265GH) je teplota A₁ v rozmezí 710 – 720 °C a teplota A₃ v rozmezí 840 – 860 °C. Doporučená teplota pro normalizační žíhání je 50 – 80 °C nad teplotou A₃ a odpovídá teplotám 890 – 950 °C. Použitá teplota byla tedy teplotou normalizačního žíhání a sahá do oblasti austenitu.

Materiály s cyklickým tepelným namáháním byly vystaveny pomalému ohřevu (rychlost 1,7°C/min) na teplotu 840°C, následovala výdrž na této teplotě a pomalé ochlazování v otevřené peci. Jednalo se tedy o teplotní cykly na hranici normalizačního žíhání.

Struktura podeutektoidních materiálů (materiál č. 1) je hrubá a řádkovitá složená ze směsi feritu a perlitu. Po žíhání do oblasti austenitu (materiál č. 2) a následném pomalém ochlazování se tato struktura rozpadá na rovnoměrnou, jemnozrnnou směs feritu a perlitu s místy řádkovitou strukturou. Při následném působení teplotních cyklů na hranici normalizačního žíhání dojde k ustálení velikosti zrn s rovnoměrným rozložením v celém objemu. Protože bylo maximální teplotní zatížení pouze 930 °C, což je teplota nedostatečná pro změnu obsahu chemických prvků, zůstaly všechny materiály svým složením stálé.

Pro experimentální měření byly zvoleny tyto veličiny:

- velikosti složek řezných sil F_x , F_y , F_z ,
- parametry drsnosti povrchu R_a , R_z , R_t ,
- vybrané parametry mechanických vlastností ReL , ReH , R_m , A_5 , A_g .

V první fázi experimentu byl zkoumán vliv tepelného zpracování na obrobiteľnosť tedy na velikosti složek sil F_x , F_y a F_z v závislosti na zadaných řezných podmínkách. Po vyhodnocení měření a zpracování dílčích výsledků v této etapě došlo k následujícím závěrům:

1) Při soustružení s posuvem 0,02 mm/ot a otáčkách 224 ot/min, byly dosaženy nejhorší hodnoty řezných sil u materiálu 7 s 25-ti cykly tepelného zpracování a u materiálu 3 s 5-ti cykly tepelného zušlechťení. Nejlepší výsledky vykazoval materiál 1 bez tepelného zpracování. Kromě materiálů 3 a 7 nebyly naměřeny výrazné skokové změny v hodnotách a jejich rozdíl se pohyboval do 6%.

2) Dále byly nastaveny podmínky obrábění s otáčkami 560 ot/min a posuvem 0,2 mm/ot. Nejhorších sil potřebných k obrobení bylo potřeba u materiálů č. 7 a 3 stejně jako v předchozím případě, ale rozdíly nebyly tak velké. Nejlepších hodnot bylo dosaženo u materiálu 2. Ostatní materiály vykazovaly podobné hodnoty řezných sil bez větších rozdílů.

3) Pro řezné podmínky v parametrech otáčky 900 ot/min a posuv 0,2 mm/ot byly nejhorší hodnoty naměřeny pro materiál č. 3 a 7 stejně jako v předchozích případech. Nejlepší výsledek byl zaznamenán u materiálu 4, ale opět byl rozdíl proti ostatním materiálům zanedbatelný.

4) Při soustružení s otáčkami 560 ot/min a posuvem 0,05 mm/ot. bylo nejhorších hodnot dosaženo u materiálu č 3 a 7. Třetí nejhorší hodnota připadla materiálu č. 8, který byl tepelně namáhán 30-ti cykly. Opět se zde projevil vliv řezných podmínek na konkrétní materiál.

5) Poslední řezné podmínky byly nastaveny pro otáčky 560 ot/min a posuv 0,41 mm/ot. Nejvyšších hodnot řezných sil bylo dosaženo u materiálu 3 a 7. Pro tyto materiály se u všech zvolených podmínek obrábění naměřily nejvyšší hodnoty.

Výsledkem experimentálního měření řezných sil při zvolených řezných podmínkách bylo extrémní ovlivnění materiálu 3, který byl namáhán 5-ti cykly a materiálu 7, který byl namáhán 25-ti cykly tepelného zatěžování. Důvodem tak vysokých hodnot u těchto dvou materiálů může být nehomogenita materiálu a výrazné výkyvy v chemickém složení. Dalším důvodem může být nedodržení postupu při tepelném zpracování. Kritickým bodem při utváření struktury je cyklus ochlazování. Rychlý pokles teploty v důsledku změny podmínek v laboratoři může narušit strukturální vývoj. Pro přesnější analýzu by bylo nutné provést metalografii materiálů pro zjištění struktury. U ostatních materiálů nebyl prokázán vliv opakovaného tepelného zpracování na změnu řezných sil v porovnání s materiálem bez tohoto zušlechtění.

V druhé fázi experimentu byl zkoumán vliv tepelného zpracování na drsnost povrchu. Po vyhodnocení měření a zpracování dílčích výsledků v této etapě došlo k následujícím závěrům:

1) Při soustružení posuvem 0,2 mm/min. a otáčkách 224 ot/min. bylo dosaženo nejhorších parametrů drsnosti povrchu u materiálu č. 2, který byl tepelně zušlechtěn žíháním. Nejlepší hodnoty byly naměřeny pro materiál č. 3, který byl tepelně zpracován 5-ti cykly tepelného zušlechtění.

2) U parametrů drsnosti povrchu pro otáčky 560 ot/min a posuv 0,2 mm/ot. byly naměřeny nejlepší hodnoty u materiálu č. 3 a 7 a nejhorší u materiálu 5.

3) Při experimentálním měření drsnosti povrchu při obrábění s otáčkami 900 ot/min a posuvem 0,02 mm/ot. bylo nejnižších hodnot naměřeno u materiálu č. 2 po tepelné úpravě žíháním. Dalším materiálem s nízkými parametry drsnosti byl materiál č. 6 po 20-ti cyklech tepelného zatěžování.

4) Pro podmínky obrábění s otáčkami 560 ot/min a posuvem 0,05 mm/ot. bylo dosaženo nejnižších hodnot drsnosti povrchu u materiálu č. 7. Naopak nejvyšší hodnoty byly naměřeny u materiálu č. 2. U těchto podmínek byly naměřeny největší rozdíly mezi jednotlivými materiály.

5) Hodnoty parametrů drsnosti pro podmínky obrábění s otáčkami 560 ot/min a posuvem 0,41 mm/ot. byly nejnižší hodnoty naměřeny pro materiál 4 a 7 a nejvyšší hodnoty pro materiál č. 8.

Z výsledků měření lze dále konstatovat, že napříč všemi řeznými podmínkami byly nejlepší hodnoty v průměru naměřeny u materiálu 3 a 7. U těchto dvou materiálů se z výsledků řezných sil zjistila vyšší houževnatost, díky ní se obráběním získal kvalitnější povrch. Nejhorších hodnot u všech třech parametrů bylo naměřeno u podmínek obrábění s otáčkami 560 ot/min a posuvem 0,41 mm/ot., kde tyto podmínky vytvářely hrubý a drsný povrch. Nelepších hodnot u všech třech parametrů bylo naměřeno u podmínek obrábění s otáčkami 900 ot/min a posuvem 0,2 mm/ot., kde tyto podmínky vytvářely jemný a hladký povrch.

V následující třetí fázi experimentu byl zkoumán vliv tepelného zpracování na mechanické vlastnosti. Po vyhodnocení měření a zpracování dílčích výsledků v této etapě došlo k následujícím závěrům:

U materiálu 1, který nebyl tepelně namáhán, byly výsledné hodnoty u spodní meze pevnosti vyšší o 30% než je normovaná hodnota, mez pevnosti se pohybovala v intervalu hodnot, které norma udává.

Materiálu 2 byl zušlechtěn žíháním a byl vystaven teplotám 930°. Výrazně se snížily spodní i horní meze kluzu (snížení o 24%), takže se první plastické deformace objevily při tváření materiálu dříve než u materiálu bez tepelného zušlechtění.

U materiálu 3, který prošel 5-ti cykly tepelného zpracování došlo k dalšímu snížení spodních i horních hodnot meze kluzu a meze pevnosti. Tažnost materiálu se zvýšila stejně jako plastické prodloužení, což vedlo k tvárnější formě materiálu.

Materiál 4, který byl tepelně zpracován 10-ti cykly, byly naměřeny nepatrně vyšší hodnoty meze kluzu než v předcházejících případech, které vedly ke snížení tažnosti.

Hodnoty bez výraznějších změn byly naměřeny u materiálů č. 5 a 6. Tyto materiály prošly 15-ti a 20-ti cykly tepelného zpracování bez znatelných změn mechanických vlastností.

U materiálu 7, který prošel 25-ti teplotními cykly, došlo opět k výraznému poklesu spodní i horní meze kluzu a meze pevnosti. Naopak došlo ke zvýšení tažnosti a plastického prodloužení.

U materiálu 8, který prošel největším tepelným zatížením a tím bylo 30 opakovaných cyklů se mez pevnosti i meze kluzu zvýšily. Došlo k mírnému poklesu hodnoty tažnosti a plastického prodloužení.

U všech materiálů byly naměřené hodnoty parametrů mechanických vlastností podle normy ČSN EN 10028-2 [18] nad minimálními hodnotami, které norma udává nebo v tolerančním poli. Opakované tepelné zpracování tedy neovlivnilo výslednou tažnost, mez pevnosti ani meze kluzu.

8 Závěr

Diplomová práce se zabývá problematikou vlivu opakovaného tepelného zpracování materiálu na technologii soustružení a kvalitu obroběných součástí. Cyklickému tepelnému namáhání byla vystavena ocel 11368 (P265GH) v praxi využívána pro výrobu tlakových nádob.

Hlavním cílem této diplomové práce je získání souboru dat k vyhodnocení vlastností materiálu po tepelném namáhání. Většina materiálů masově zpracovávaných ve strojírenském průmyslu projde tepelným zpracováním pro snížení vnitřního pnutí a zvýšení kvality, které mají vliv na následné tváření. Znalost těchto vlastností vede ke zrychlení technologických činností a zjednodušení výrobních procesů.

Práce je členěna do dvou hlavních částí.

V teoretické části byl proveden rozbor dané problematiky. Hlavní pozornost byla věnována teoretickým poznatkům z oboru soustružení a v současnosti nejvíce využívaným metodám tepelného zpracování ocelí.

Experimentální část byla zaměřena na tři oblasti - obrobitelnost tepelně zušlechtěných materiálů, výzkum kvality povrchu po procesu soustružení a měření vybraných parametrů mechanických vlastností.

Z rozsáhlého souboru měření a získaných výsledků lze formulovat následující:

1) Nejvyšší (nejhorší) hodnoty řezných sil byly naměřeny u materiálu 3, který byl tepelně zušlechtěn 5-ti cykly a u materiálu 7, který prošel 25-ti cykly tepelného zpracování. Důvodem mohla být nehomogenita materiálu nebo výrazné výkyvy v chemickém složení. Dalším důvodem mohl být negativní vliv lidského faktoru při tepelném zpracování. Pro přesnější analýzu by bylo nutné provést metalografii materiálů pro zjištění struktury. U ostatních materiálů nebyl prokázán vliv opakovaného tepelného zpracování na změnu řezných sil v porovnání s materiálem bez tohoto zušlechtění.

2) Nejnižších (nejlepších) hodnot parametrů drsnosti povrchu bylo naměřeno taktéž u materiálu 3 a 7. U těchto dvou materiálů se z výsledků řezných sil zjistila vyšší houževnatost, díky ní se obráběním získal kvalitnější povrch. U ostatních materiálů se vliv tepelných cyklů na kvalitu povrchu neprojevil.

3) U všech materiálů byly naměřené hodnoty parametrů mechanických vlastností podle normy ČSN EN 10028-2 [18] nad minimálními hodnotami, které norma udává nebo v tolerančním poli. Opakovaným tepelným zpracováním se tedy neprokázal vliv na změnu mechanických vlastností.

Seznam použité literatury

- [1] KOČMAN, K., PROKOP, K. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERN Brno, s.r.o., 2001, 274 s. ISBN 80-214-196-2
- [2] BILÍK, O. *Obrábění II. (1. Díl): Fyzikálně mechanické záležitosti procesu obrábění*. Ostrava: Vysoká škola báňská, Ostrava. 1994. 132 s. ISBN 80-7078-228-5
- [3] VIGNER, M., PŘIKRYL, Z. a kol. *Obrábění*. Praha, nakladatelství technické literatury, n.p., 1984. 808
- [4] DRÁB, V. et al. *Technologie 1*. Vyd. 2. Liberec Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1985, 295 s.
- [5] GAZDA, J. a V. GABRIEL. *Teorie obrábění: řezné síly při obrábění*. Vyd. 1. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní, 1993, 123 s. ISBN 80-708-3110-3.
- [6] BRYCHTA, D. *Určení deformační rychlosti při dynamickém zkoušení mechanických vlastností plechů. [Diplomová práce]*. Liberec: TU v Liberci, 2010, 57 s.
- [7] *Pramet - Produkty*. [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/cz/produkty/soustruzeni.html>
- [8] *Skripta Technologie II: 2. díl* [online]. Vysoká škola báňská: Technická univerzita Ostrava [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: http://home1.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_2dil.pdf
- [9] BRHLÍK, D. *Evropské normy pro značení ocelí [Bakalářská práce]*. Brno: ÚT v Brně, 2009, 26 s
- [10] SOVA, F. *Technologie obrábění a montáže*. Západočeská univerzita v Plzni, 2001, 273 s. ISBN 80-7082-823-4
- [11] *Teorie obrábění*. Projekt: Inovace oboru Mechatronik pro Zlínský kraj, Registrační číslo CZ.1.07/1.1.08/03.0009, 12 s.
- [12] MORÁVEK, O., BABOROVSKÝ, V. *Základy tepelného zpracování, 37 svazek knižnice strojírenské výroby*, Praha 1969. 120 s., 92 o. ISBN 04-215-69
- [13] RAK, J. *Účinek procesních plynů a kapalin na technologii soustružení a kvalitu obroběných součástí. [Diplomová práce]*. Liberec: TU v Liberci, 2015, 84 s.

- [14] DOSKOČIL, P. *Tepelné zpracování oceli. [Bakalářská práce]*. Brno: Ústav techniky a automobilové dopravy, 2010, 41 s.
- [15] ROSECKÁ, E. *Tepelné zpracování oceli. [Bakalářská práce]*. Brno: Ústav strojní technologie, 2013, 47 s.
- [16] STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE – PLZEŇ 2009. *Zvláštnosti praktického používání dynamometru KISTLER při broušení s procesními kapalinami*. III Mezinárodní konference, 21. – 22.1.2009
- [17] *Mechanické zkoušky*. Projekt: Odborné vzdělávání s moderní technikou, Registrační číslo CZ.1.07/1.1.02/04.0004, 18 s.
- [18] *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví*, Dostupné z: <http://csnonline.unmz.cz>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Znázornění základní terminologie	13
Obrázek 2 Průřez třísky při soustružení	15
Obrázek 3 Popis částí řezného nástroje.....	16
Obrázek 4 Geometrie špičky břítu	17
Obrázek 5 Úhel nastavení hlavního ostří	17
Obrázek 6 Úhly na řezném nástroji	18
Obrázek 7 Varianty sklonu hlavního ostří	19
Obrázek 8 Polohy nástroje vůči obrobku v řezném procesu	20
Obrázek 9 Tvary třísek	21
Obrázek 10 Vznik třísky	22
Obrázek 11 Řezné síly	23
Obrázek 12 Diagram Fe – Fe ₃ C	26
Obrázek 13 Oblasti teplot pro žíhání v diagramu Fe – Fe ₃ C	27
Obrázek 14 Oblasti teplot pro kalení v diagramu Fe – Fe ₃ C.....	29
Obrázek 15 Výchozí polotovary.....	31
Obrázek 16 Příprava vzorků.....	34
Obrázek 17 Obrábění tyče.	34
Obrázek 18 Jednotlivé fáze přípravy vzorků.....	35
Obrázek 19 Pásová pila Pilous ARG 300+	36
Obrázek 20 Univerzální hrotový soustruh SU 50.....	38
Obrázek 21 Vyměnitelná břitová destička TPUN 160308 - 8215.....	39
Obrázek 22 Nábojový zesilovač 5019 B.....	40
Obrázek 23 Dynamometr KISTLER 9265B.....	40
Obrázek 24 Profiloměr Mitutoyo Surf test SV – 2000 N2.	41
Obrázek 25 Univerzální zkušební zařízení TIRA Test 2300.....	42
Obrázek 26 Vzorový průběh řezných sil při technologii soustružení	43
Obrázek 27 Vzorový výstup z programu Surfpak.....	44
Obrázek 28 Výkres zkušební tyče.....	45
Obrázek 29 Zkušební tyč tahovou zkoušku.....	45

Seznam tabulek

Tabulka 1 Přehledová tabulka tepelného zušlechtění polotovarů	32
Tabulka 2 Volba řezných podmínek	33
Tabulka 3 Metodika soustružení.....	33
Tabulka 4 Technické údaje pásové pily Pilous ARG 300+.....	36
Tabulka 5 Technické údaje soustruhu SU 50	37
Tabulka 6 Základní rozměry nože.	38
Tabulka 7 Parametry měření řezných sil.	43
Tabulka 8 Střední hodnoty naměřených sil pro řezné podmínky:otáčky 224 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.	47
Tabulka 9 Střední hodnoty naměřených sil pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.	48
Tabulka 10 Střední hodnoty naměřených sil pro řezné podmínky: otáčky 900 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.	49
Tabulka 11 Střední hodnoty naměřených sil pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,05 mm/ot.....	50
Tabulka 12 Střední hodnoty naměřených sil pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,41 mm/ot.....	51
Tabulka 13 Průměrné hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro řezné podmínky: otáčky 224 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.....	53
Tabulka 14 Průměrné hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.....	54
Tabulka 15 Průměrné hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro řezné podmínky: otáčky 900 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.....	55
Tabulka 16 Průměrné hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,05 mm/ot.....	56
Tabulka 17 Průměrné hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 041 mm/ot.....	57
Tabulka 18 Normované hodnoty parametrů mechanických vlastnosti oceli 11368..	60

Seznam grafů

Graf 1 Znázornění hodnot řezných sil pro řezné podmínky: otáčky 224 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.	48
Graf 2 Znázornění hodnot řezných sil pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.	49
Graf 3 Znázornění hodnot řezných sil pro řezné podmínky: otáčky 900 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.	50
Graf 4 Znázornění hodnot řezných sil pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,05 mm/ot.	51
Graf 5 Znázornění hodnot řezných sil pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,41 mm/ot.	52
Graf 6 Znázornění hodnot parametrů drsnosti pro řezné podmínky: otáčky 224 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.	54
Graf 7 Znázornění hodnot parametrů drsnosti pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.	55
Graf 8 Znázornění hodnot parametrů drsnosti pro řezné podmínky: otáčky 900 ot/min, posuv 0,2 mm/ot.	56
Graf 9 Znázornění hodnot parametrů drsnosti pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,05 mm/ot.	57
Graf10 Znázornění hodnot parametrů drsnosti pro řezné podmínky: otáčky 560 ot/min, posuv 0,41 mm/ot.	58

Seznam příloh

Příloha A - Použitý materiál	1
Příloha B - Naměřené hodnoty složek sil pro jednotlivé materiály	3
Příloha C - Grafy průběhů složek sil pro jednotlivé materiály.....	11
Příloha D - Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro jednotlivé materiály...	35
Příloha E - Naměřené hodnoty parametrů mechanických vlastností pro jednotlivé materiály.....	75

Přílohy

Příloha A - Použitý materiál

Použitý materiál:

Pro experiment byla zvolena konstrukční ocel 11368 (P265GH). Oceli třídy 11 jsou uhlíkové (nelegované) konstrukční oceli se zaručenou čistotou, zaručeným obsahem fosforu a síry, zaručenou minimální pevností v tahu, mezí kluzu a tažností. Vlastnosti daného materiálu jsou podrobně popsány v následujícím textu.

Vlastnosti:

Materiál 11368 (P265GH) patří mezi žáruvzdorné oceli určené pro tlakové nádoby a bezešvé trubky. Ocel se vyznačuje dobrou svařitelností a nabízí dobré vlastnosti pro tváření jak za studena, tak za tepla. V tabulce 1 je uvedeno chemické složení dané taveniny, základní mechanické vlastnosti této oceli jsou přehledně uvedeny v tabulce 2.

Přílohy - Tab. 1 Chemické složení taveniny v hmotnostních % [9]

	Chemické označení											
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Nb	Ni	V
Chemické složení taveniny v hmotnostních %	≤ 0,20	≤ 0,40	0,80 - 1,40	0,025	0,015	min. 0,020	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,020	≤ 0,30	≤ 0,02

Přílohy - Tab. 2 Mechanické vlastnosti platné pro příčný směr [9]

	Ocel	Tloušťka (mm)	min.ReH (MPa)	R _m (MPa)	A % min.	Nárazová práce KV (J min.) při teplotě ve C°		
						-20	0	20
Mechanické vlastnosti platné pro příčný směr	P265GH	≤ 16	265	410-530	22	27	34	40
		16 < t ≤ 40	255					
		40 < t ≤ 60	245					
		60 < t ≤ 100	215	400-530				
		100 < t ≤ 150	200					
		150 < t ≤ 250	185	390-530				

Použití:

Ocel 11368 (P265GH) se používá především pro výrobu kotlů, tlakových nádob a trubek pro přepravu horkých kapalin. Využívána je také pro zařízení, které je soustavně tepelně namáháno jako například parovody [9].

Příloha B - Naměřené hodnoty složek sil pro jednotlivé materiály.

Materiál bez tepelného zpracování			
n1 =	224	ot/min	
n2 =	560	ot/min	
n3 =	900	ot/min	
D =	16	mm	
f1 =	0,05	mm/ot	
f2 =	0,20	mm/ot	
f3 =	0,41	mm/ot	
vc1 =	11,26	m/min	
vc2 =	28,15	m/min	
vc3 =	45,24	m/min	
l =	10	mm	
Fz=	posuvová síla [N]		
Fy=	přísuvova síla [N]		
Fx=	řezná síla [N]		
PŮSOBÍCÍ SÍLY (Fx, Fy, Fz)			
řezná rychlost vc1, konst. f2 = 0,2-224			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	210	190	590
2	215	180	600
3	220	200	590
4	210	180	550
5	215	180	560
průměr[N]	214	186	578
odchylka [±]	3,74	8,00	19,39
řezná rychlost vc2, konst. f2 = 0,2-560			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	330	210	655
2	310	220	645
3	310	210	635
4	295	200	645
5	275	190	630
průměr[N]	304	206	642
odchylka [±]	18,28	10,20	8,72
podelný posuv f1, konst vc2 = 560_0,05			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	60	35	175
2	60	36	170
3	63	36	175
4	73	50	175
5	56	20	170
průměr[N]	62,4	35,4	173
odchylka [±]	5,75	9,50	2,45
podelný posuv f2, konst vc2 = 560_0,2			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	330	210	655
2	310	220	645
3	310	210	635
4	295	200	645
5	275	190	630
průměr[N]	304	206	642
odchylka [±]	18,28	10,20	8,72
řezná rychlost vc3, konst. f2 = 0,2-900			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	375	230	690
2	350	210	670
3	360	205	665
4	360	230	660
5	375	215	660
průměr[N]	364	218	669
odchylka [±]	9,70	10,30	11,14
podelný posuv f3, konst vc2 = 560_0,41			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	470	400	1015
2	440	385	1000
3	425	375	975
4	450	400	1000
5	455	375	975
průměr[N]	448	387	993
odchylka [±]	15,03	11,22	15,68

Materiál po cyklu žihání

n1 =	224	ot/min
n2 =	560	ot/min
n3 =	900	ot/min
D =	16	mm
f1 =	0,05	mm/ot
f2 =	0,20	mm/ot
f3 =	0,41	mm/ot

vc1 =	11,26	m/min
vc2 =	28,15	m/min
vc3 =	45,24	m/min
l =	10	mm
Fz=	posuvová síla [N]	
Fy=	přířuvova síla [N]	
Fx=	řezná síla [N]	

PŮSOBÍCÍ SÍLY (F_x , F_y , F_z)

řezná rychlost vc1, konst. f2 = 0,2-224			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	260	215	640
2	230	210	600
3	220	180	590
4	280	170	630
5	180	200	540
průměr[N]	234	195	600
odchylka [±]	34,41	17,32	35,21

řezná rychlost vc2, konst. f2 = 0,2-560			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	290	200	615
2	280	190	610
3	300	180	590
4	275	170	610
5	290	170	600
průměr[N]	287	182	605
odchylka [±]	8,72	11,66	8,94

podelný posuv f1, konst vc2 = 560_0,05			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	115	60	180
2	90	48	195
3	90	50	190
4	85	53	200
5	90	60	190
průměr[N]	94	54,2	191
odchylka [±]	10,68	5,00	6,63

podelný posuv f2, konst vc2 = 560_0,2			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	290	200	615
2	280	190	610
3	300	180	590
4	275	170	610
5	290	170	600
průměr[N]	287	182	605
odchylka [±]	8,72	11,66	8,94

řezná rychlost vc3, konst. f2 = 0,2-900			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	360	220	660
2	350	190	630
3	325	220	625
4	330	225	640
5	330	220	620
průměr[N]	339	215	635
odchylka [±]	13,56	12,65	14,14

podelný posuv f3, konst vc2 = 560_0,41			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	390	360	1000
2	425	375	990
3	440	395	1025
4	430	390	1010
5	435	370	980
průměr[N]	424	378	1001
odchylka [±]	17,72	12,88	15,62

Materiál po 5 cyklech tepelného zpracování

n1 =	224	ot/min	vc1 =	11,26	m/min
n2 =	560	ot/min	vc2 =	28,15	m/min
n3 =	900	ot/min	vc3 =	45,24	m/min
D =	16	mm	l =	10	mm
f1 =	0,05	mm/ot	Fz=	posuvová síla [N]	
f2 =	0,20	mm/ot	Fy=	přisuvova síla [N]	
f3 =	0,41	mm/ot	Fx=	řezná síla [N]	

PŮSOBÍCÍ SÍLY (F_x , F_y , F_z)

řezná rychlost vc1, konst. f2 = 0,2-224				řezná rychlost vc2, konst. f2 = 0,2-560			
měření č.	F_x	F_y	F_z	měření č.	F_x	F_y	F_z
1	480	320	910	1	425	290	730
2	480	325	860	2	430	270	750
3	460	320	875	3	425	275	725
4	430	310	850	4	435	280	715
5	440	300	840	5	420	270	710
průměr[N]	458	315	867	průměr[N]	427	277	726
odchylka [±]	20,40	8,94	24,41	odchylka [±]	5,10	7,48	13,93
podelný posuv f1, konst vc2 = 560_0,05				podelný posuv f2, konst vc2 = 560_0,2			
měření č.	F_x	F_y	F_z	měření č.	F_x	F_y	F_z
1	175	105	320	1	425	290	730
2	190	108	325	2	430	270	750
3	200	115	325	3	425	275	725
4	185	105	320	4	435	280	715
5	195	115	315	5	420	270	710
průměr[N]	189	109,6	321	průměr[N]	427	277	726
odchylka [±]	8,60	4,54	3,74	odchylka [±]	5,10	7,48	13,93
řezná rychlost vc3, konst. f2 = 0,2-900				podelný posuv f3, konst vc2 = 560_0,41			
měření č.	F_x	F_y	F_z	měření č.	F_x	F_y	F_z
1	390	270	645	1	590	523	1100
2	430	275	685	2	575	500	1125
3	440	265	670	3	570	490	1100
4	415	290	690	4	560	440	1140
5	445	285	660	5	570	480	1080
průměr[N]	424	277	670	průměr[N]	573	486,6	1109
odchylka [±]	19,85	9,27	16,43	odchylka [±]	9,80	27,32	21,07

Materiál po 10 cyklech tepelného zpracování

n1 =	224	ot/min
n2 =	560	ot/min
n3 =	900	ot/min
D =	16	mm
f1 =	0,05	mm/ot
f2 =	0,20	mm/ot
f3 =	0,41	mm/ot

vc1 =	11,26	m/min
vc2 =	28,15	m/min
vc3 =	45,24	m/min
l =	10	mm
Fz=	posuvová síla [N]	
Fy=	přísuvová síla [N]	
Fx=	řezná síla [N]	

PŮSOBÍCÍ SÍLY (F_x , F_y , F_z)

řezná rychlost vc1, konst. f2 = 0,2-224			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	240	210	650
2	240	205	630
3	220	180	580
4	225	175	625
5	240	190	630
průměr[N]	233	192	623
odchylka [±]	8,72	13,64	23,15

řezná rychlost vc2, konst. f2 = 0,2-560			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	300	200	630
2	290	200	625
3	330	210	645
4	305	225	650
5	340	220	650
průměr[N]	313	211	640
odchylka [±]	18,87	10,20	10,49

podelný posuv f1, konst vc2 = 560_0,05			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	110	65	240
2	125	70	230
3	130	75	245
4	130	70	245
5	125	75	240
průměr[N]	124	71	240
odchylka [±]	7,35	3,74	5,48

podelný posuv f2, konst vc2 = 560_0,2			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	300	200	630
2	290	200	625
3	330	210	645
4	305	225	650
5	340	220	650
průměr[N]	313	211	640
odchylka [±]	18,87	10,20	10,49

řezná rychlost vc3, konst. f2 = 0,2-900			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	305	200	580
2	315	200	600
3	330	230	590
4	300	225	580
5	300	225	575
průměr[N]	310	216	585
odchylka [±]	11,40	13,19	8,94

podelný posuv f3, konst vc2 = 560_0,41			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	425	370	950
2	425	375	1025
3	450	380	1000
4	440	390	1000
5	450	400	1010
průměr[N]	438	383	997
odchylka [±]	11,22	10,77	25,22

Materiál po 15 cyklech tepelného zpracování

n1 =	224	ot/min
n2 =	560	ot/min
n3 =	900	ot/min
D =	16	mm
f1 =	0,05	mm/ot
f2 =	0,20	mm/ot
f3 =	0,41	mm/ot

vc1 =	11,26	m/min
vc2 =	28,15	m/min
vc3 =	45,24	m/min
l =	10	mm
Fz=	posuvová síla [N]	
Fy=	přisuvova síla [N]	
Fx=	řezná síla [N]	

PŮSOBÍCÍ SÍLY (Fx, Fy, Fz)

řezná rychlost vc1, konst. f2 = 0,2-224			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	240	200	645
2	240	195	635
3	230	170	630
4	210	190	628
5	265	195	640
průměr[N]	237	190	635,6
odchylka [±]	17,78	10,49	6,28

řezná rychlost vc2, konst. f2 = 0,2-560			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	315	215	560
2	300	215	650
3	315	190	650
4	310	210	645
5	320	200	640
průměr[N]	312	206	629
odchylka [±]	6,78	9,70	34,70

podelný posuv f1, konst vc2 = 560_0,05			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	145	95	255
2	140	65	245
3	145	85	250
4	140	73	245
5	145	83	250
průměr[N]	143	80,2	249
odchylka [±]	2,45	10,32	3,74

podelný posuv f2, konst vc2 = 560_0,2			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	315	215	560
2	300	215	650
3	315	190	650
4	310	210	645
5	320	200	640
průměr[N]	312	206	629
odchylka [±]	6,78	9,70	34,70

řezná rychlost vc3, konst. f2 = 0,2-900			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	305	210	605
2	335	225	625
3	325	210	610
4	320	210	605
5	315	215	590
průměr[N]	320	214	607
odchylka [±]	10,00	5,83	11,22

podelný posuv f3, konst vc2 = 560_0,41			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	420	370	980
2	480	400	1040
3	480	390	1050
4	470	380	1010
5	480	400	1040
průměr[N]	466	388	1024
odchylka [±]	23,32	11,66	25,77

Materiál po 20 cyklech tepelného zpracování

n1 =	224	ot/min
n2 =	560	ot/min
n3 =	900	ot/min
D =	16	mm
f1 =	0,05	mm/ot
f2 =	0,20	mm/ot
f3 =	0,41	mm/ot

vc1 =	11,26	m/min
vc2 =	28,15	m/min
vc3 =	45,24	m/min
l =	10	mm
Fz=	posuvová síla [N]	
Fy=	přísuvova síla [N]	
Fx=	řezná síla [N]	

PŮSOBÍCÍ SÍLY (F_x , F_y , F_z)

řezná rychlost vc1, konst. f2 = 0,2-224			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	230	175	650
2	245	170	645
3	220	175	640
4	225	180	610
5	220	175	620
průměr[N]	228	175	633
odchylka [±]	9,27	3,16	15,36

řezná rychlost vc2, konst. f2 = 0,2-560			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	330	185	620
2	325	230	650
3	310	220	665
4	335	220	665
5	325	205	650
průměr[N]	325	212	650
odchylka [±]	8,37	15,68	16,43

podelný posuv f1, konst vc2 = 560_0,05			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	160	95	280
2	150	75	285
3	145	80	265
4	150	90	273
5	145	80	260
průměr[N]	150	84	272,6
odchylka [±]	5,48	7,35	9,22

podelný posuv f2, konst vc2 = 560_0,2			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	330	185	620
2	325	230	650
3	310	220	665
4	335	220	665
5	325	205	650
průměr[N]	325	212	650
odchylka [±]	8,37	15,68	16,43

řezná rychlost vc3, konst. f2 = 0,2-900			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	345	215	635
2	345	230	640
3	320	210	615
4	325	225	615
5	320	225	620
průměr[N]	331	221	625
odchylka [±]	11,58	7,35	10,49

podelný posuv f3, konst vc2 = 560_0,41			
měření č.	F_x	F_y	F_z
1	460	400	1000
2	500	400	1040
3	510	410	1070
4	470	380	1060
5	470	390	1050
průměr[N]	482	396	1044
odchylka [±]	19,39	10,20	24,17

Materiál po 25 cyklech tepelného zpracování

n1 =	224	ot/min	vc1 =	11,26	m/min
n2 =	560	ot/min	vc2 =	28,15	m/min
n3 =	900	ot/min	vc3 =	45,24	m/min
D =	16	mm	l =	10	mm
f1 =	0,05	mm/ot	Fz=	posuvová síla [N]	
f2 =	0,20	mm/ot	Fy=	přisuvova síla [N]	
f3 =	0,41	mm/ot	Fx=	řezná síla [N]	

PŮSOBÍCÍ SÍLY (Fx, Fy, Fz)

řezná rychlost vc1, konst. f2 = 0,2-224				řezná rychlost vc2, konst. f2 = 0,2-560			
měření č.	Fx	Fy	Fz	měření č.	Fx	Fy	Fz
1	570	380	1020	1	420	245	710
2	545	350	980	2	420	285	700
3	530	325	980	3	410	280	700
4	500	340	960	4	415	285	710
5	520	355	940	5	400	215	715
průměr[N]	533	350	976	průměr[N]	413	262	707
odchylka [±]	23,58	18,17	26,53	odchylka [±]	7,48	27,86	6,00
podelný posuv f1, konst vc2 = 560_0,05				podelný posuv f2, konst vc2 = 560_0,2			
měření č.	Fx	Fy	Fz	měření č.	Fx	Fy	Fz
1	185	120	300	1	420	245	710
2	190	120	285	2	420	285	700
3	185	125	290	3	410	280	700
4	195	130	300	4	415	285	710
5	180	110	285	5	400	215	715
průměr[N]	187	121	292	průměr[N]	413	262	707
odchylka [±]	5,10	6,63	6,78	odchylka [±]	7,48	27,86	6,00
řezná rychlost vc3, konst. f2 = 0,2-900				podelný posuv f3, konst vc2 = 560_0,41			
měření č.	Fx	Fy	Fz	měření č.	Fx	Fy	Fz
1	370	260	650	1	585	450	1105
2	390	275	675	2	580	480	1160
3	420	280	685	3	575	495	1115
4	420	270	680	4	575	445	1135
5	435	275	685	5	580	460	1100
průměr[N]	407	272	675	průměr[N]	579	466	1123
odchylka [±]	23,58	6,78	13,04	odchylka [±]	3,74	18,81	22,05

Materiál po 30 cyklech tepelného zpracování

n1 =	224	ot/min
n2 =	560	ot/min
n3 =	900	ot/min
D =	16	mm
f1 =	0,05	mm/ot
f2 =	0,20	mm/ot
f3 =	0,41	mm/ot

vc1 =	11,26	m/min
vc2 =	28,15	m/min
vc3 =	45,24	m/min
l =	10	mm
Fz=	posuvová síla [N]	
Fy=	přísuvová síla [N]	
Fx=	řezná síla [N]	

PŮSOBÍCÍ SÍLY (Fx, Fy, Fz)

řezná rychlost vc1, konst. f2 = 0,2-224			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	350	220	800
2	390	240	740
3	275	210	680
4	320	230	695
5	265	200	700
průměr[N]	320	220	723
odchylka [±]	46,58	14,14	43,31

řezná rychlost vc2, konst. f2 = 0,2-560			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	330	220	660
2	360	210	670
3	355	220	670
4	350	225	670
5	350	225	665
průměr[N]	349	220	667
odchylka [±]	10,20	5,48	4,00

podelný posuv f1, konst vc2 = 560_0,05			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	155	100	270
2	150	95	265
3	160	100	270
4	145	80	270
5	155	100	275
průměr[N]	153	95	270
odchylka [±]	5,10	7,75	3,16

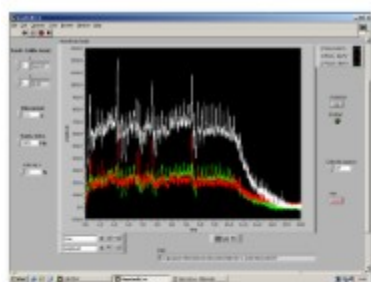
podelný posuv f2, konst vc2 = 560_0,2			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	330	220	660
2	360	210	670
3	355	220	670
4	350	225	670
5	350	225	665
průměr[N]	349	220	667
odchylka [±]	10,20	5,48	4,00

řezná rychlost vc3, konst. f2 = 0,2-900			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	330	240	615
2	350	225	635
3	350	220	620
4	345	220	630
5	335	210	610
průměr[N]	342	223	622
odchylka [±]	8,12	9,80	9,27

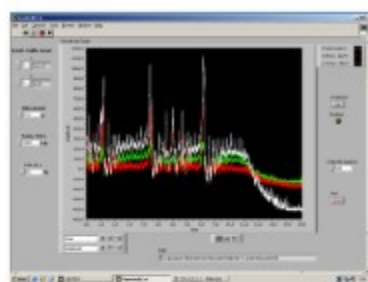
podelný posuv f3, konst vc2 = 560_0,41			
měření č.	Fx	Fy	Fz
1	430	400	970
2	480	380	1020
3	460	400	990
4	470	405	980
5	480	410	1020
průměr[N]	464	399	996
odchylka [±]	18,55	10,20	20,59

Příloha C - Grafy průběhů složek sil pro jednotlivé materiály.

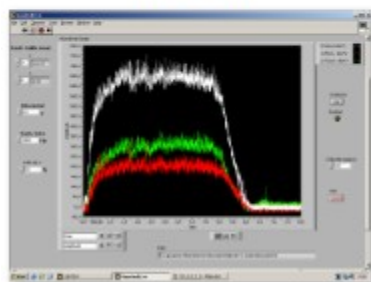
Naměřené průběhy složek sil pro vzorek č. 1



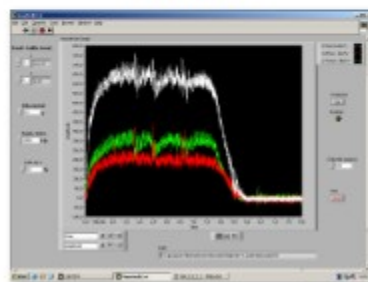
224_0,2_1_1



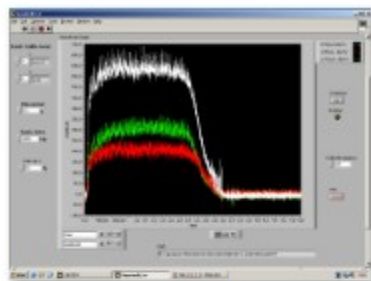
224_0,2_1_2



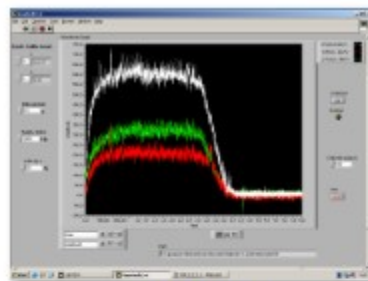
560_0,2_1_1



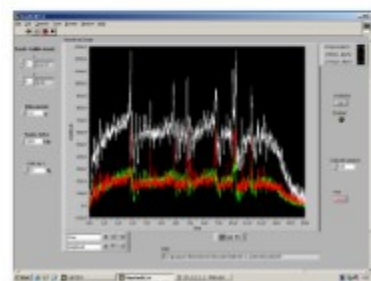
560_0,2_1_2



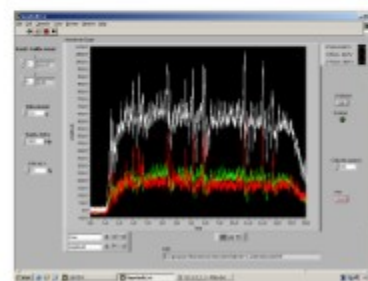
900_0,2_1_1



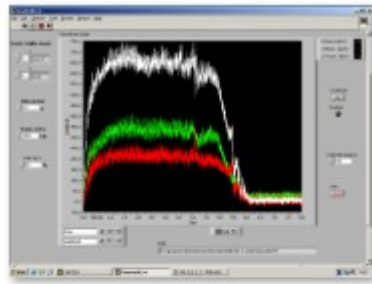
900_0,2_1_2



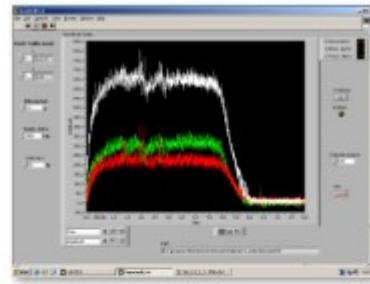
224_0,2_1_3



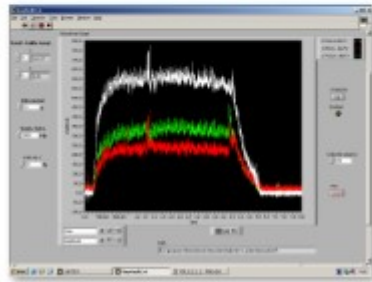
224_0,2_1_4



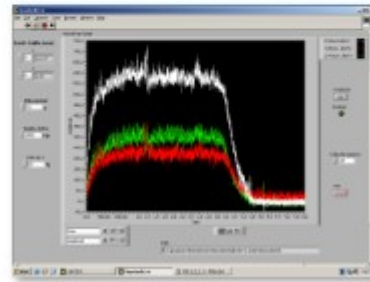
560_0,2_1_3



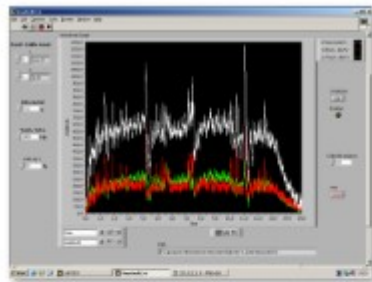
560_0,2_1_4



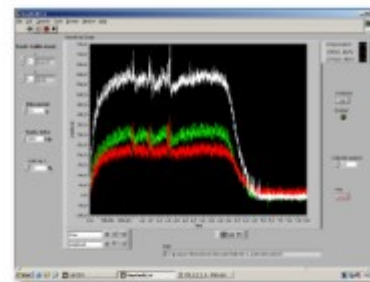
900_0,2_1_3



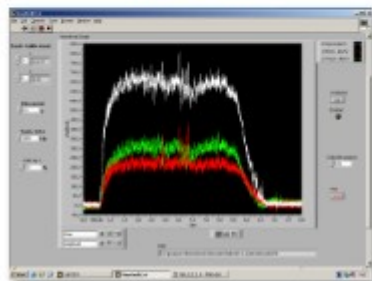
900_0,2_1_4



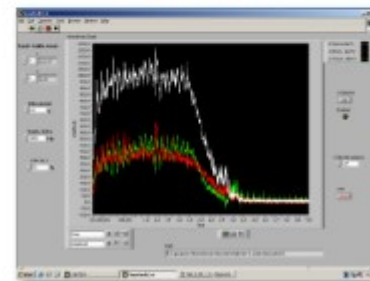
224_0,2_1_5



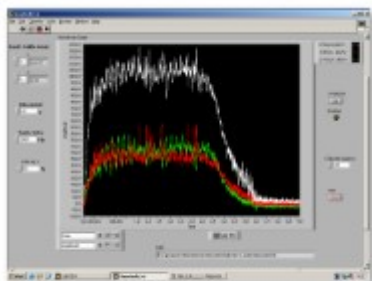
900_0,2_1_5



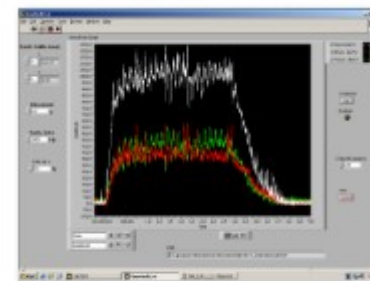
560_0,2_1_5



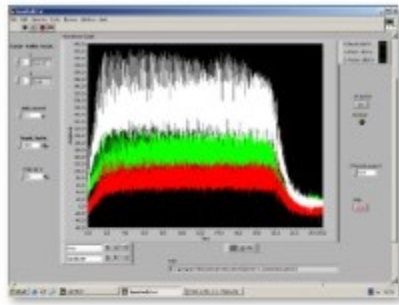
560_0,41_1_1



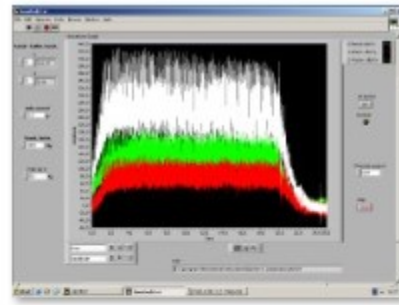
560_0,41_1_2



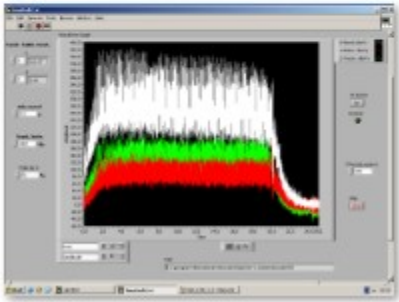
560_0,41_1_3



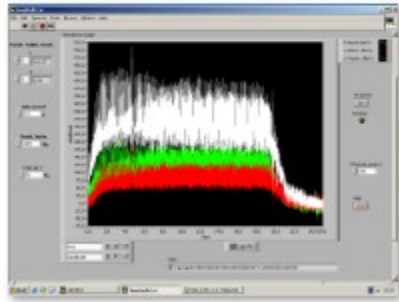
560_0,05_1_2



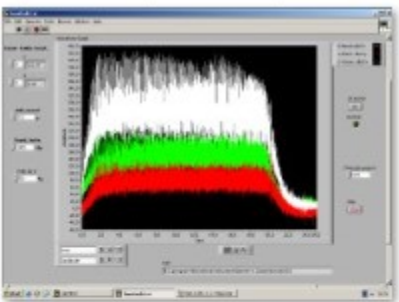
560_0,05_1_3



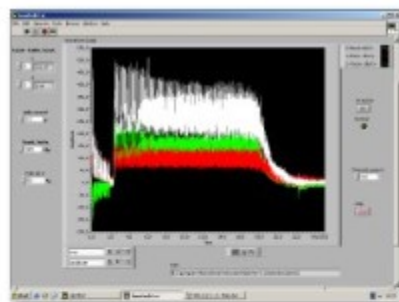
560_0,05_1_4



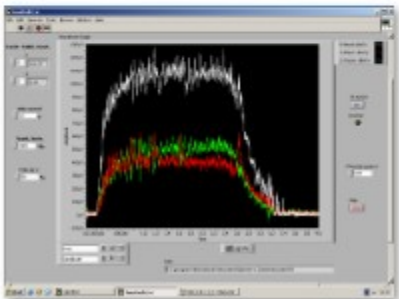
560_0,05_1_5



560_0,05_1_2

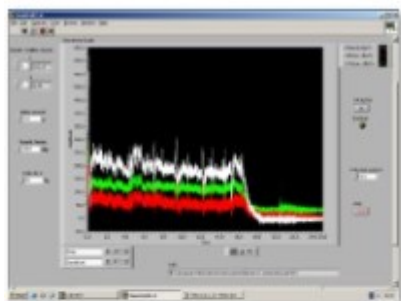


560_0,05_1_1

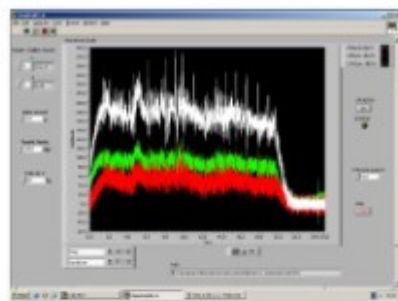


560_0,41_1_3

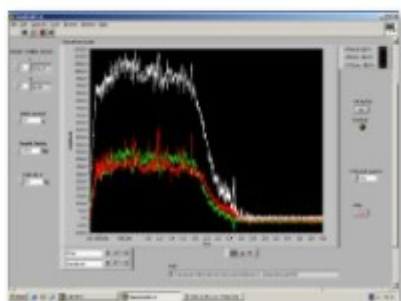
Naměřené průběhy složek sil pro vzorek č. 2



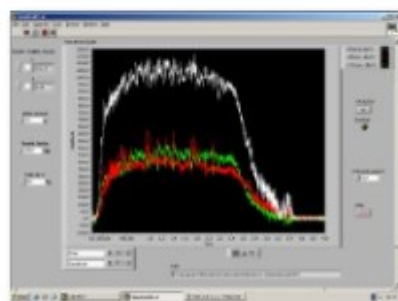
560_0,05_1_1



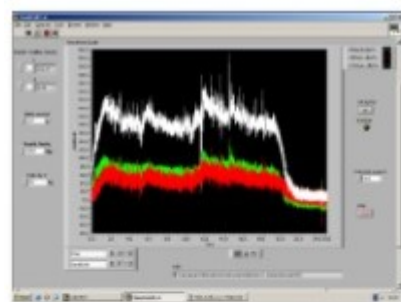
560_0,05_1_2



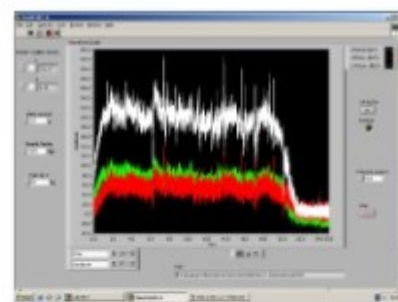
560_0,41_1_1



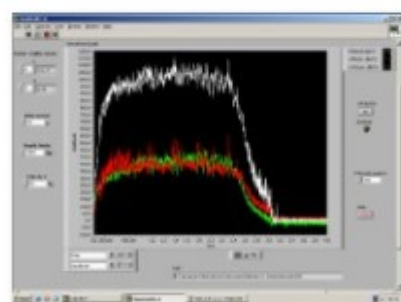
560_0,41_1_2



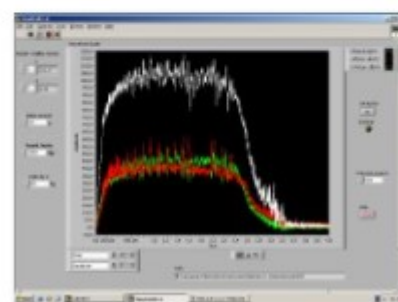
560_0,05_1_3



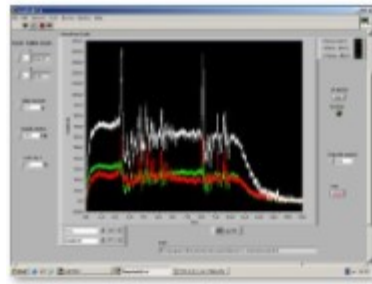
560_0,05_1_4



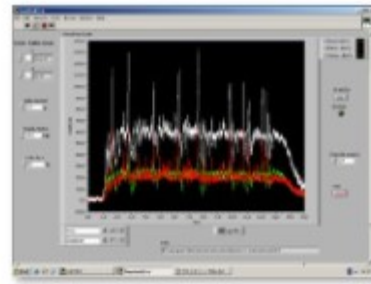
560_0,41_1_3



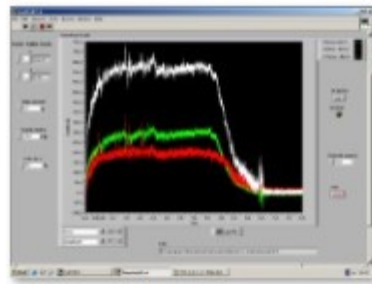
560_0,41_1_4



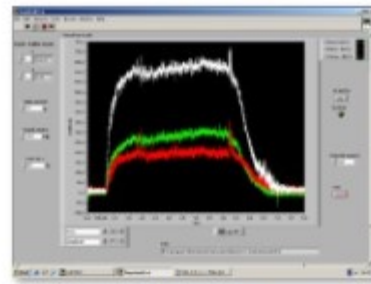
224_0,2_1_1



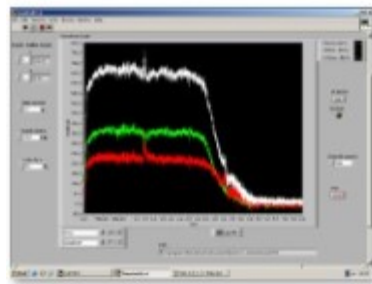
224_0,2_1_2



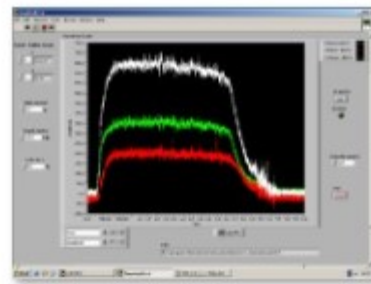
560_0,2_1_1



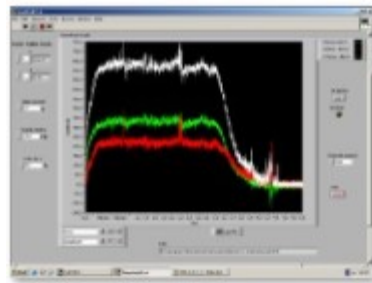
560_0,2_1_2



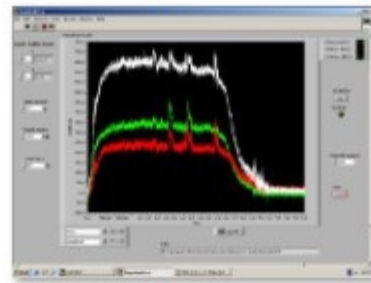
900_0,2_1_1



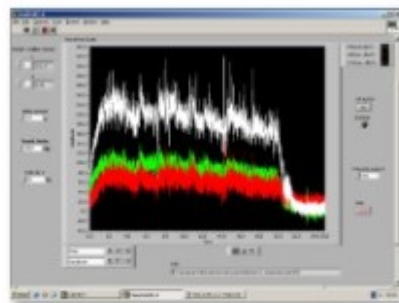
900_0,2_1_2



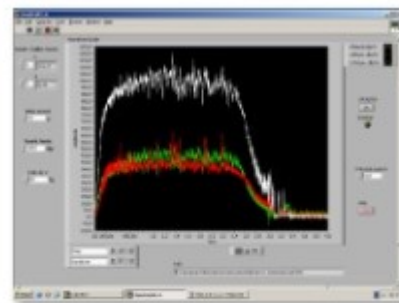
900_0,2_1_3



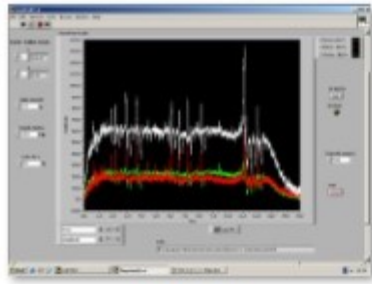
900_0,2_1_4



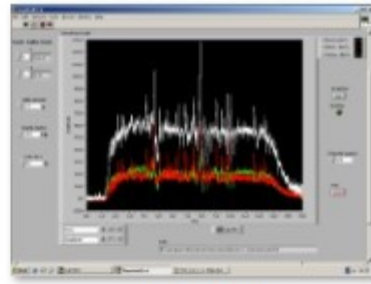
560_0,05_1_5



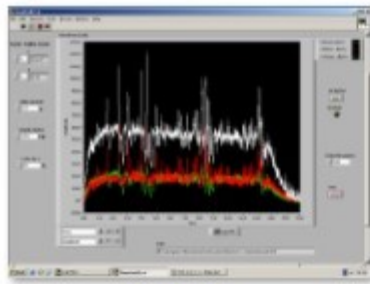
560_0,41_1_5



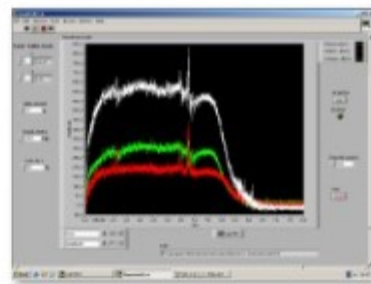
224_0,2_1_3



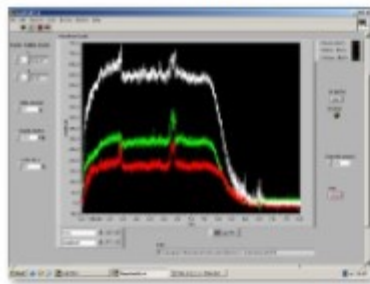
224_0,2_1_4



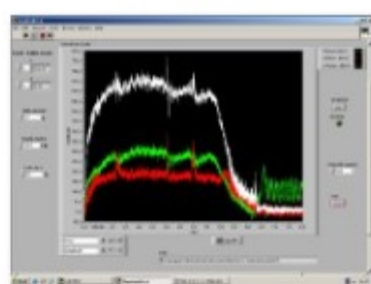
224_0,2_1_5



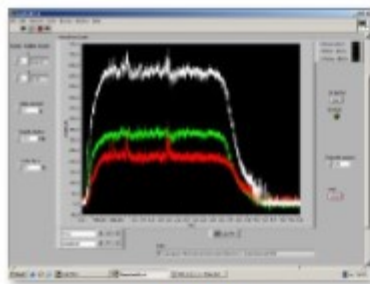
560_0,2_1_3



560_0,2_1_5

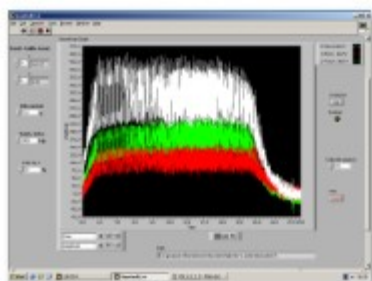


560_0,2_1_4

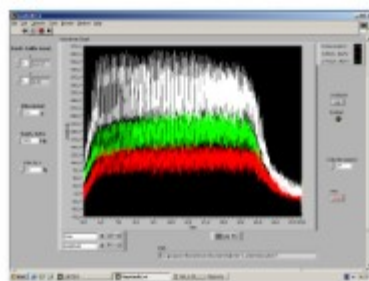


900_0,2_1_5

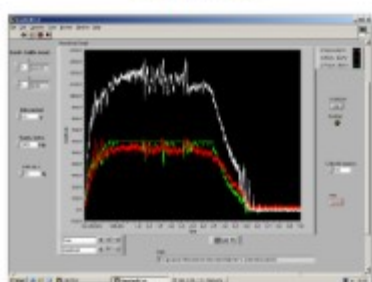
Naměřené průběhy složek sil pro vzorek č. 3



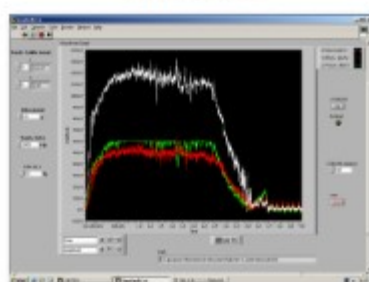
560_0,05_1_1



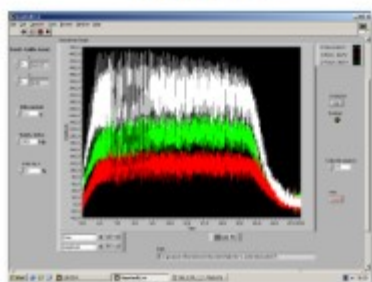
560_0,05_1_2



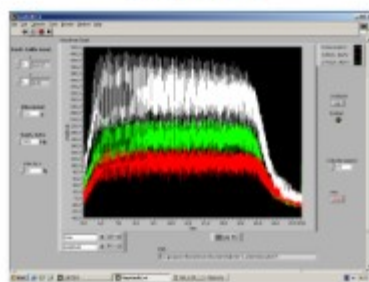
560_0,41_1_1



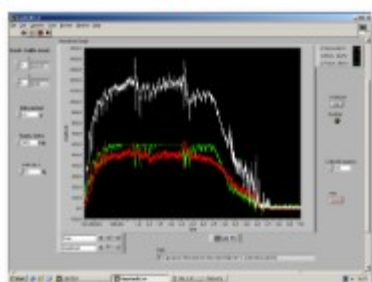
560_0,41_1_2



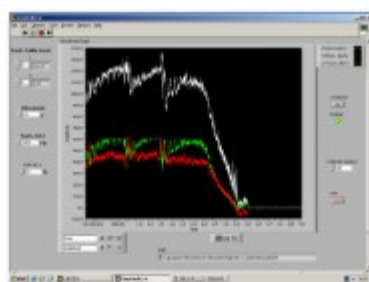
560_0,05_1_3



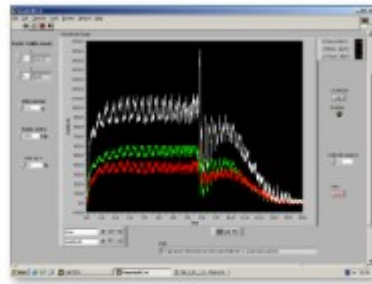
560_0,05_1_4



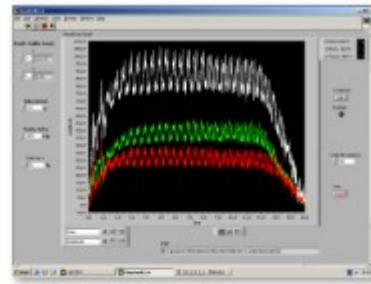
560_0,41_1_3



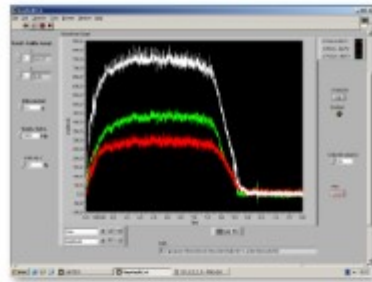
560_0,41_1_4



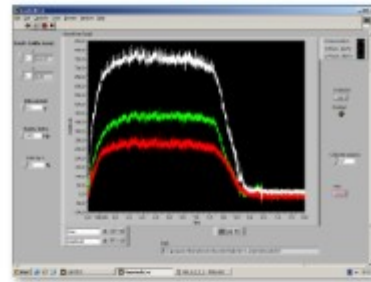
224_0,2_1_1



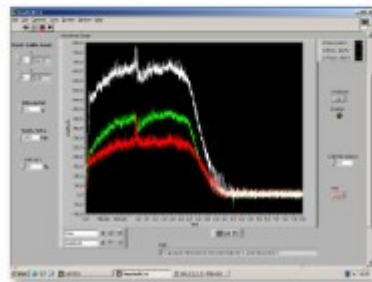
224_0,2_1_2



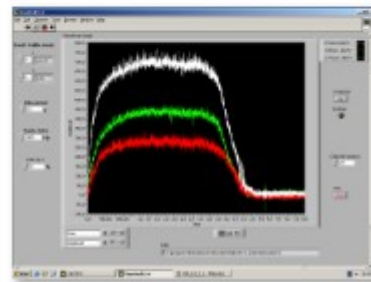
560_0,2_1_1



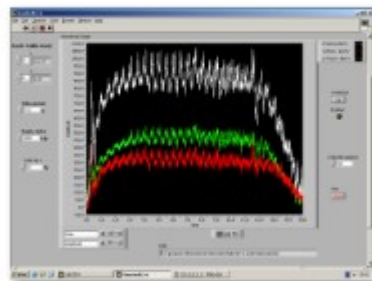
560_0,2_1_2



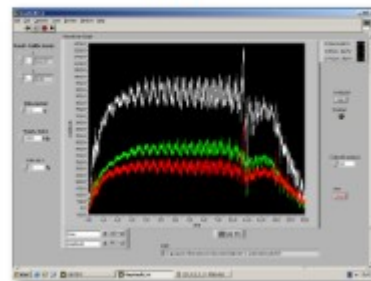
900_0,2_1_1



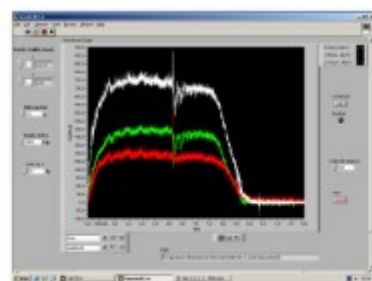
900_0,2_1_2



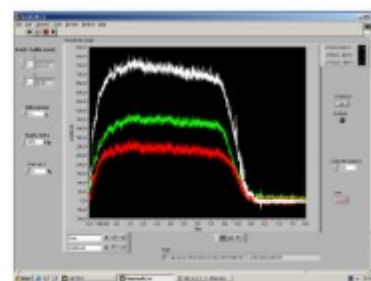
224_0,2_1_3



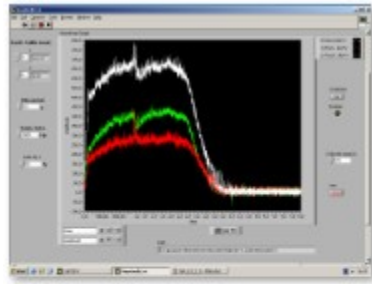
224_0,2_1_4



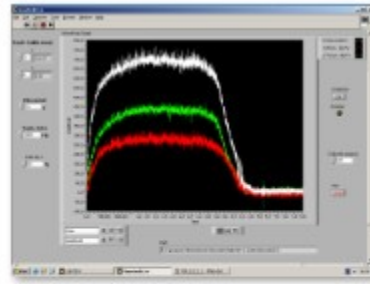
560_0,2_1_3



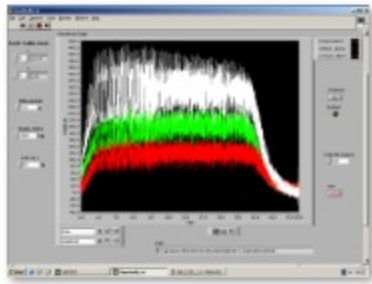
560_0,2_1_4



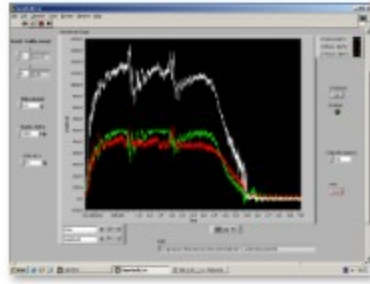
900_0,2_1_1



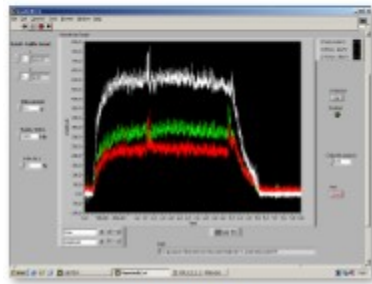
900_0,2_1_2



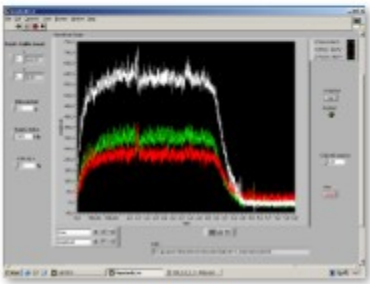
560_0,05_1_5



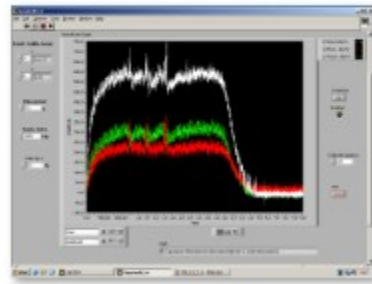
560_0,41_1_5



900_0,2_1_3

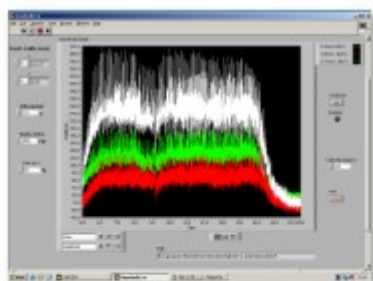


900_0,2_1_4

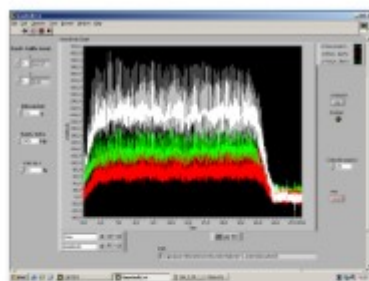


900_0,2_1_5

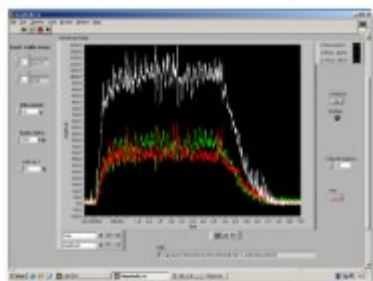
Naměřené průběhy složek sil pro vzorek č. 4



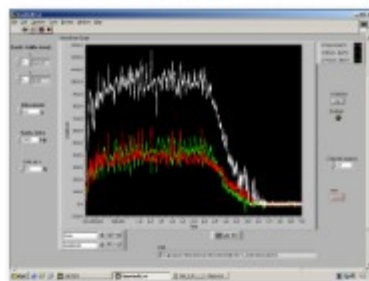
560_0,05_1_3



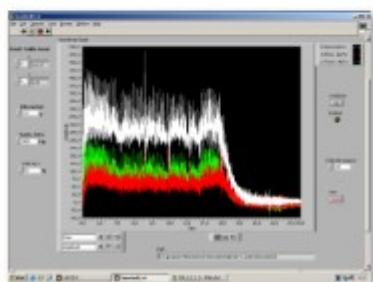
560_0,05_1_4



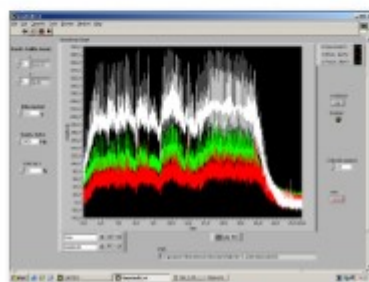
560_0,41_1_3



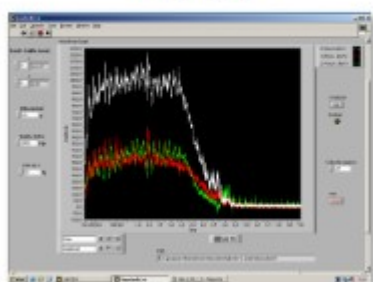
560_0,41_1_4



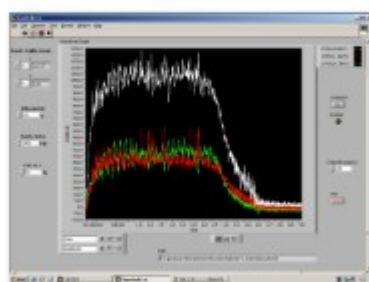
560_0,05_1_1



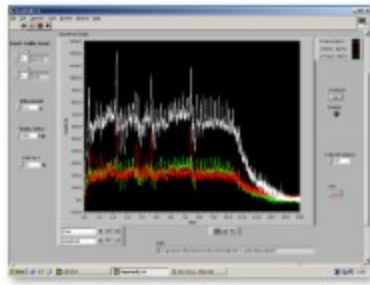
560_0,05_1_2



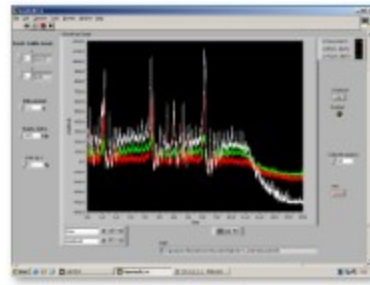
560_0,41_1_1



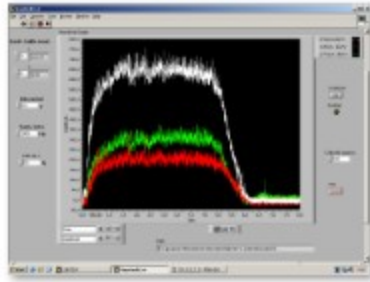
560_0,41_1_2



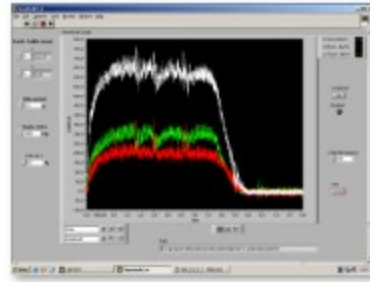
224_0,2_1_1



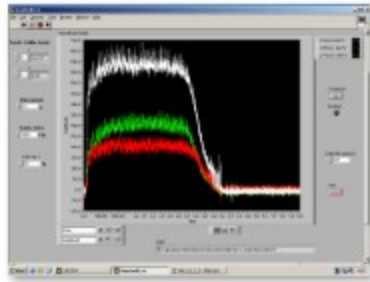
224_0,2_1_2



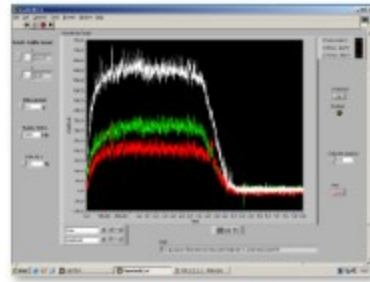
560_0,2_1_1



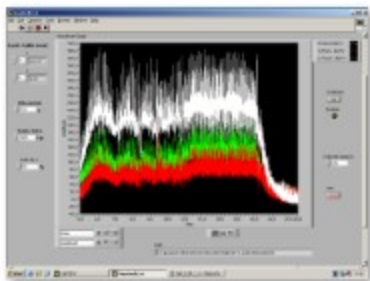
560_0,2_1_2



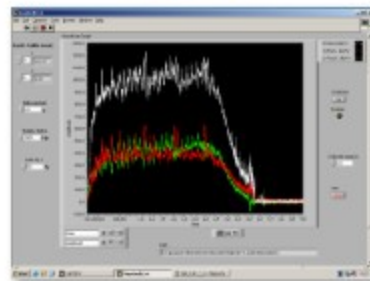
900_0,2_1_1



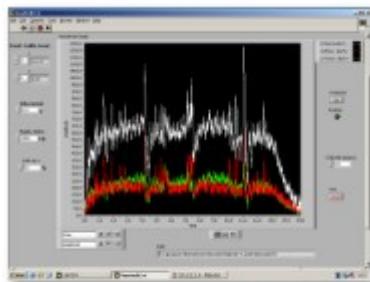
900_0,2_1_2



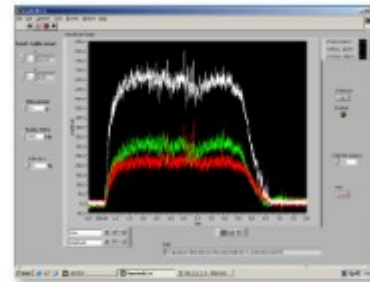
560_0,05_1_5



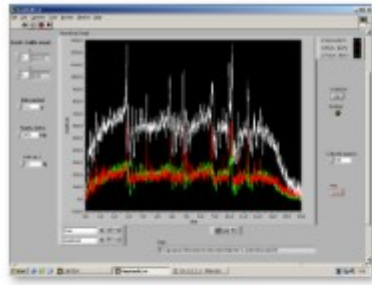
560_0,41_1_5



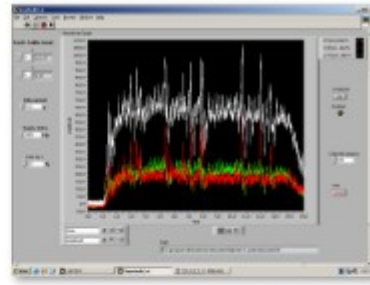
224_0,2_1_5



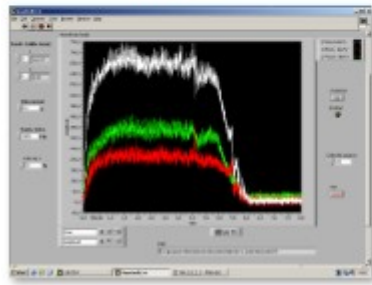
560_0,2_1_5



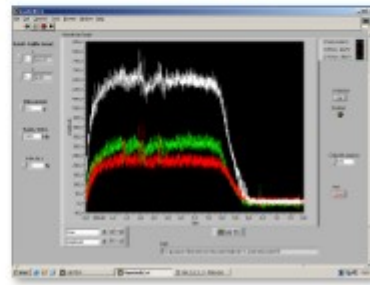
224_0,2_1_3



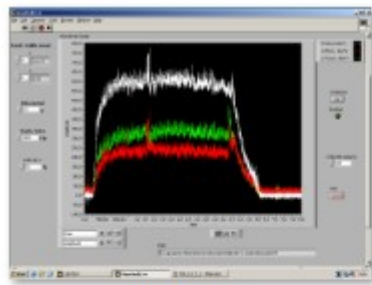
224_0,2_1_4



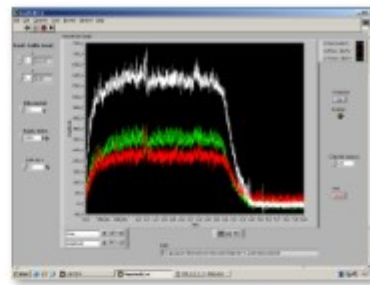
560_0,2_1_3



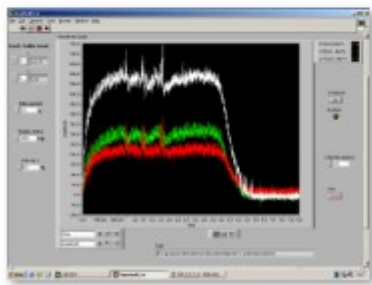
560_0,2_1_4



900_0,2_1_3

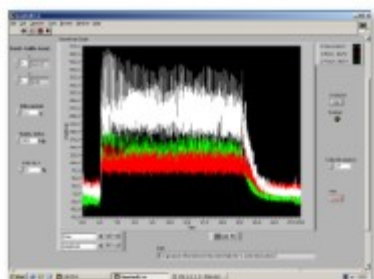


900_0,2_1_4

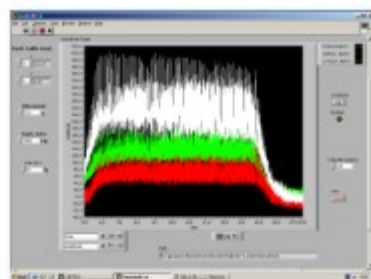


900_0,2_1_5

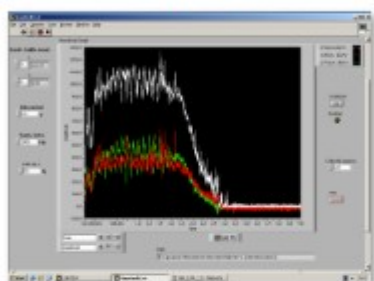
Naměřené průběhy složek sil pro vzorek č. 5



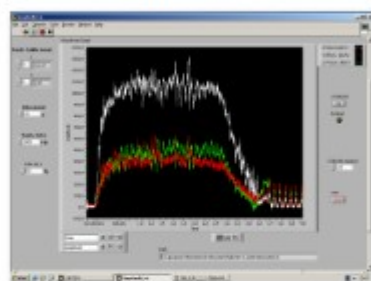
560_0,05_1_1



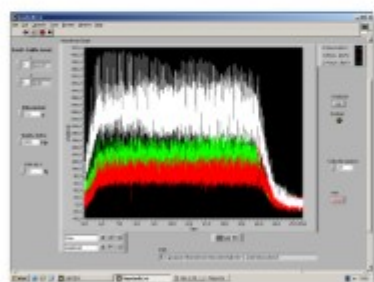
560_0,05_1_2



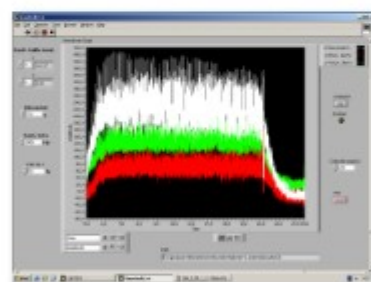
560_0,41_1_1



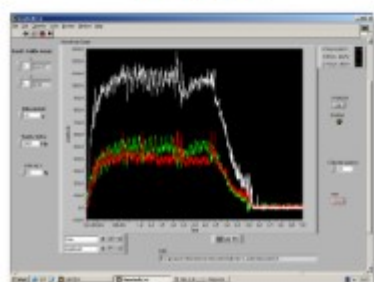
560_0,41_1_2



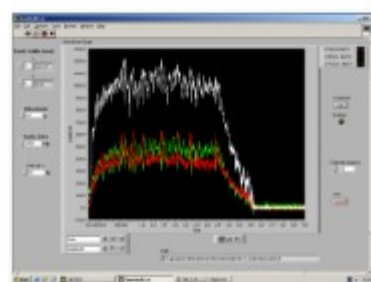
560_0,05_1_3



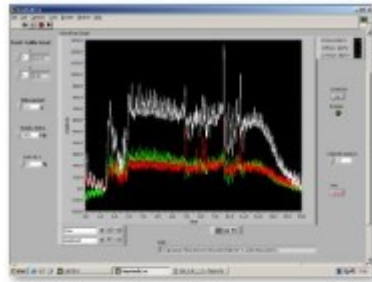
560_0,05_1_4



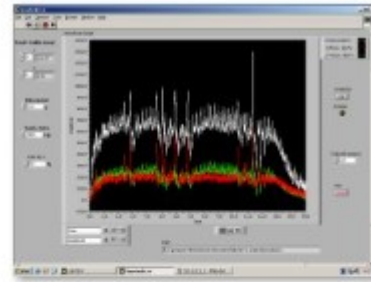
560_0,41_1_3



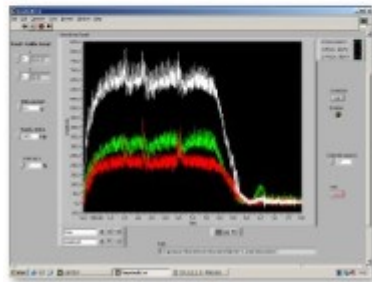
560_0,41_1_4



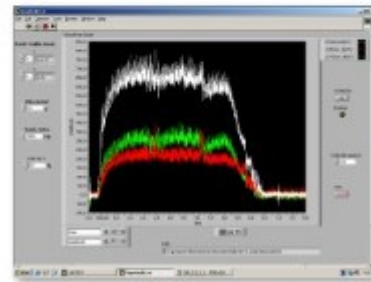
224_0,2_1_1



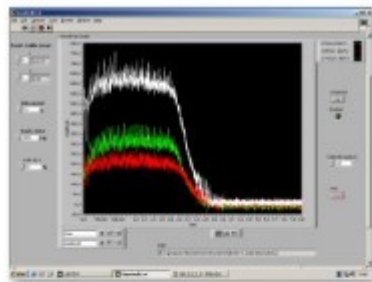
224_0,2_1_2



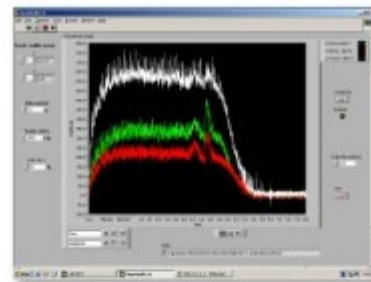
560_0,2_1_1



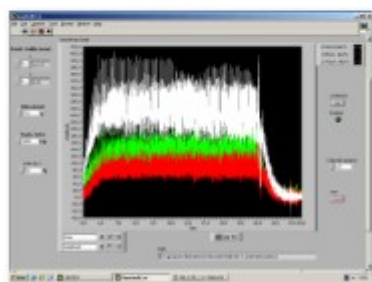
560_0,2_1_2



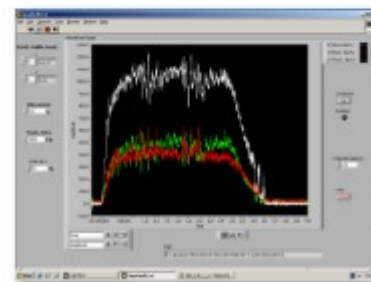
900_0,2_1_1



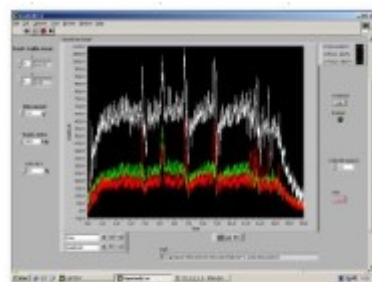
900_0,2_1_2



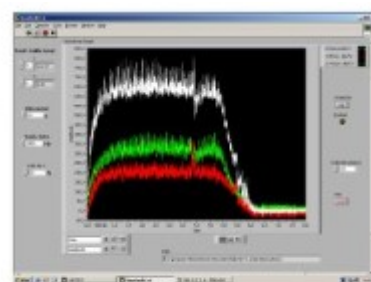
560_0,05_1_5



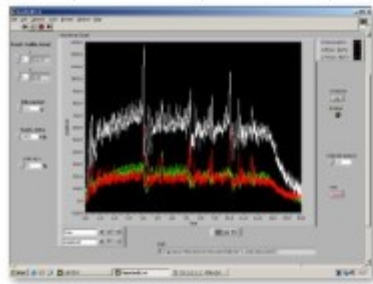
560_0,41_1_5



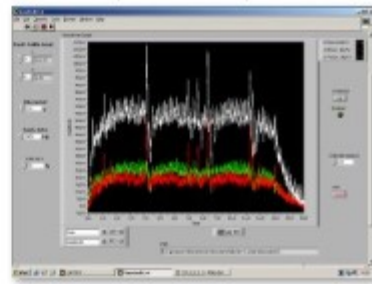
224_0,2_1_5



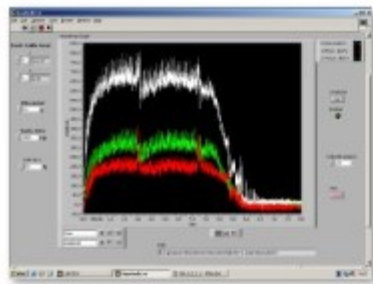
560_0,2_1_5



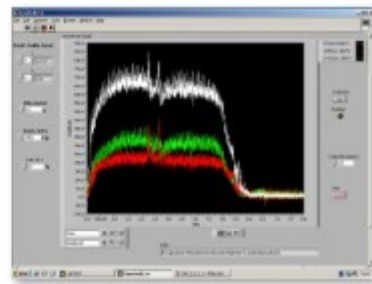
224_0,2_1_3



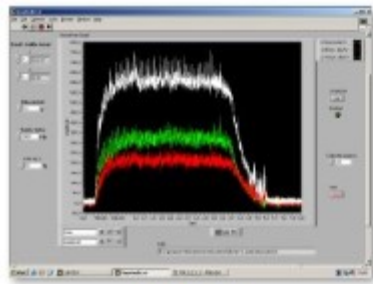
224_0,2_1_4



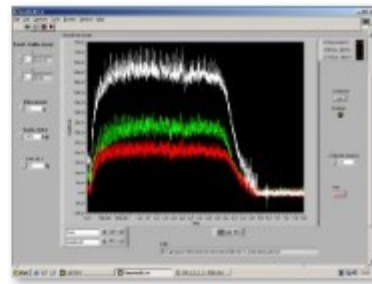
560_0,2_1_3



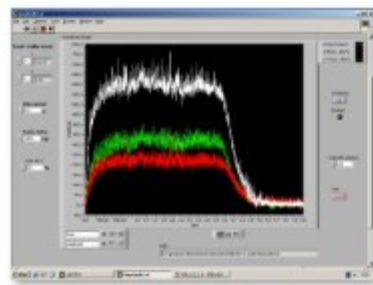
560_0,2_1_4



900_0,2_1_3

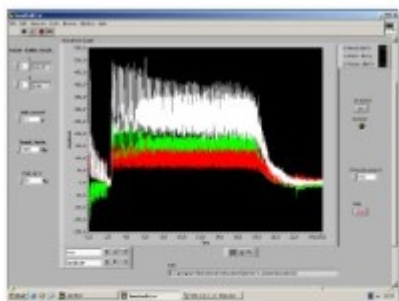


900_0,2_1_4

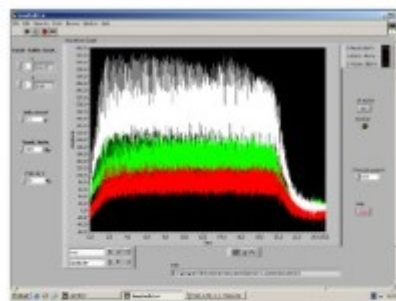


900_0,2_1_5

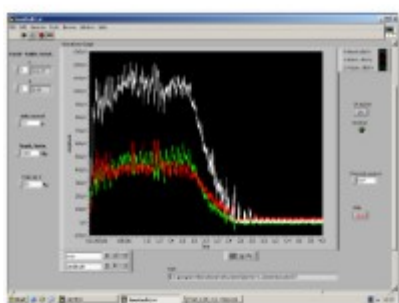
Naměřené průběhy složek sil pro vzorek č. 6



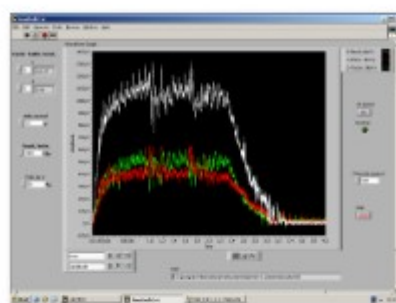
560_0,05_1_1



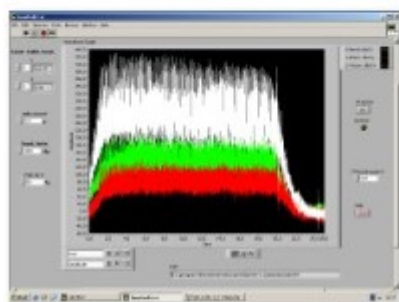
560_0,05_1_2



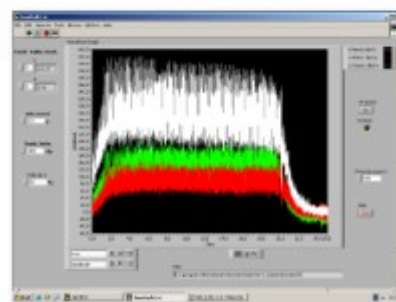
560_0,41_1_1



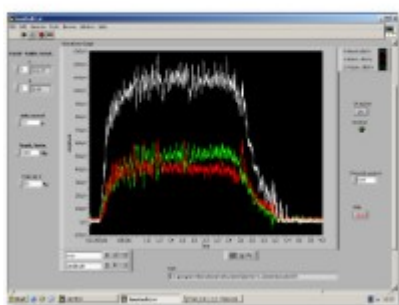
560_0,41_1_2



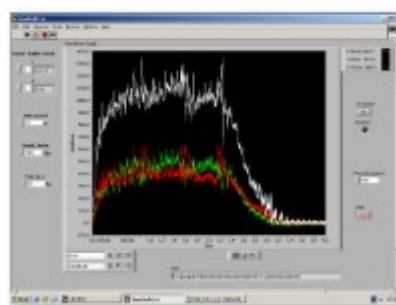
560_0,05_1_3



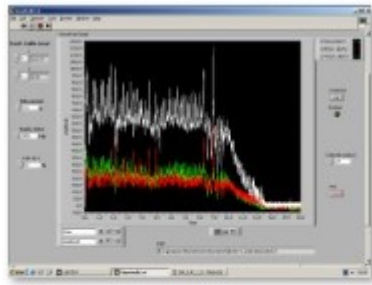
560_0,05_1_4



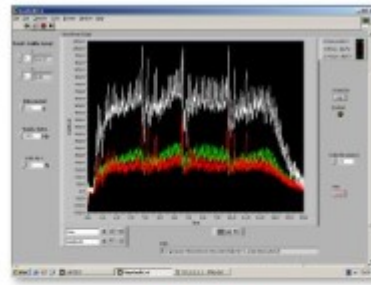
560_0,41_1_3



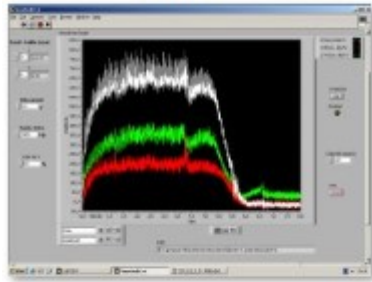
560_0,41_1_4



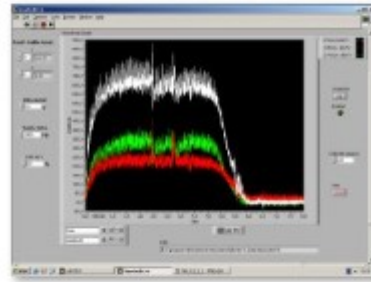
224_0,2_1_1



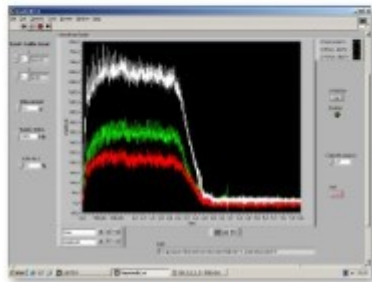
224_0,2_1_2



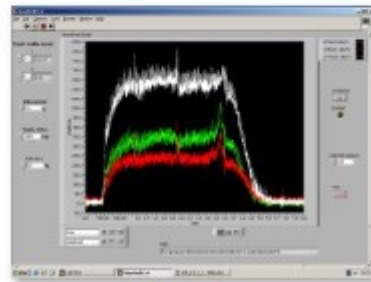
560_0,2_1_1



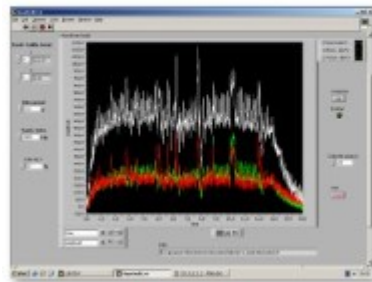
560_0,2_1_2



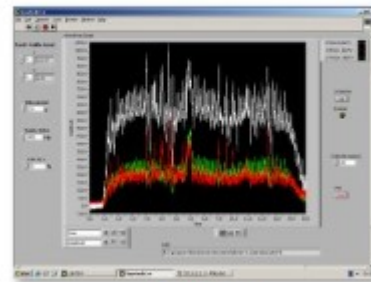
900_0,2_1_1



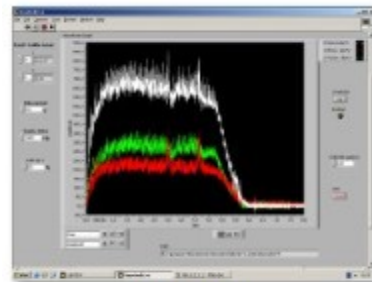
900_0,2_1_2



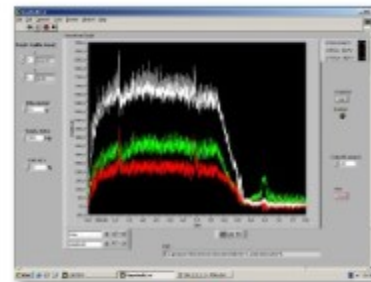
224_0,2_1_3



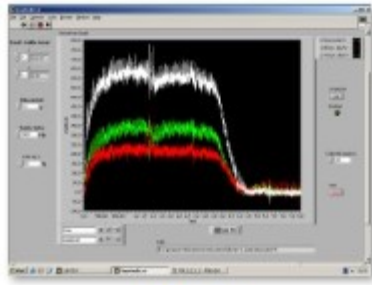
224_0,2_1_4



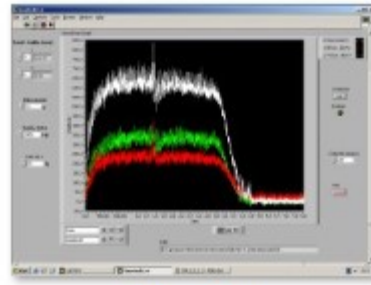
560_0,2_1_3



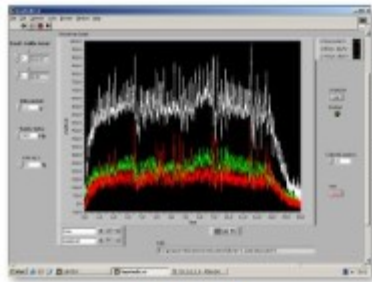
560_0,2_1_4



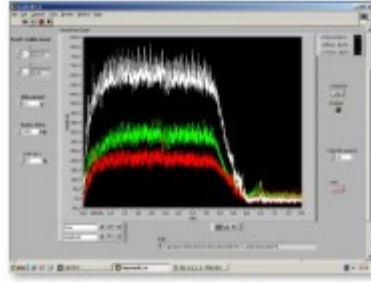
900_0,2_1_3



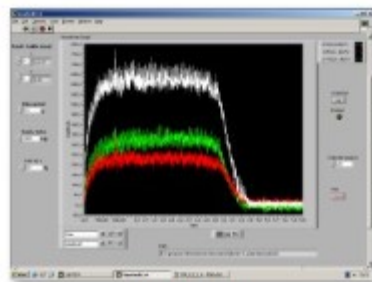
900_0,2_1_4



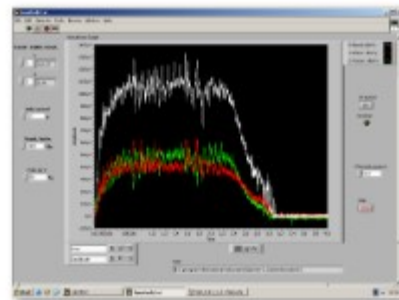
224_0,2_1_5



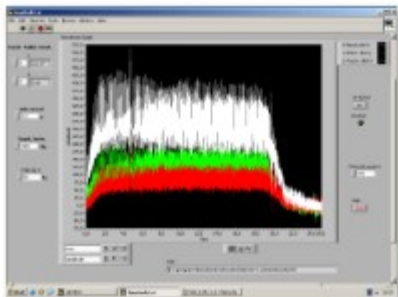
560_0,2_1_5



900_0,2_1_5

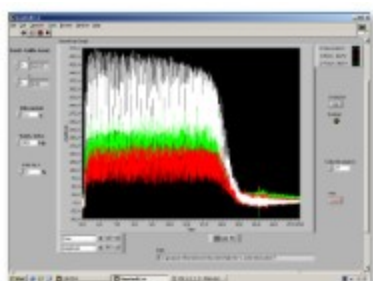


560_0,41_1_5

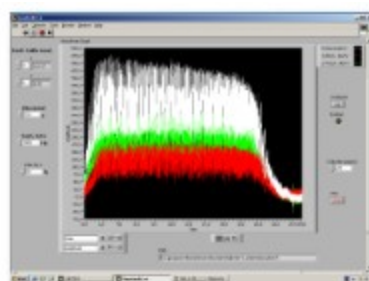


560_0,05_1_5

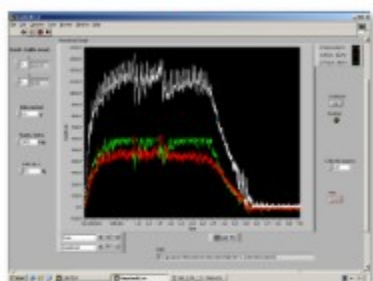
Naměřené průběhy složek sil pro vzorek č. 7



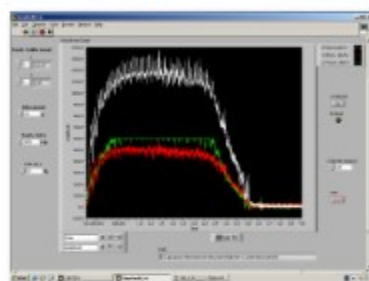
560_0,05_1_1



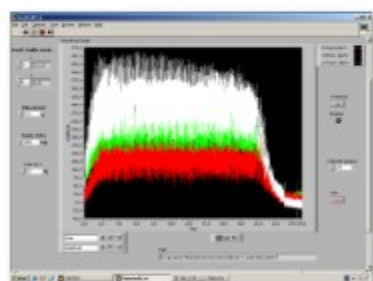
560_0,05_1_2



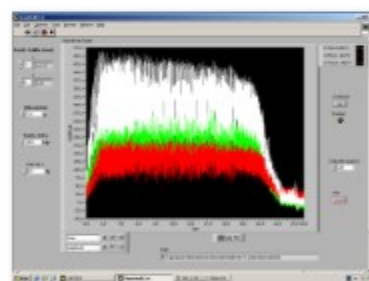
560_0,41_1_1



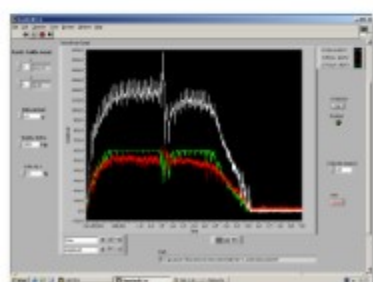
560_0,41_1_2



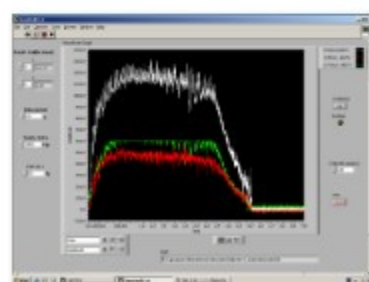
560_0,05_1_3



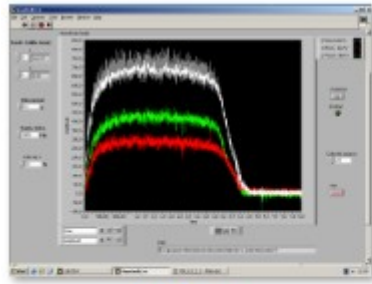
560_0,05_1_4



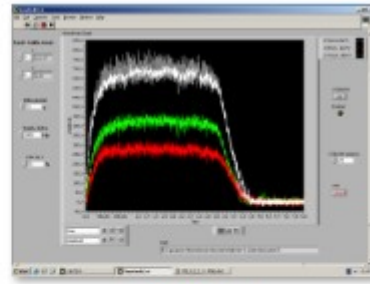
560_0,41_1_3



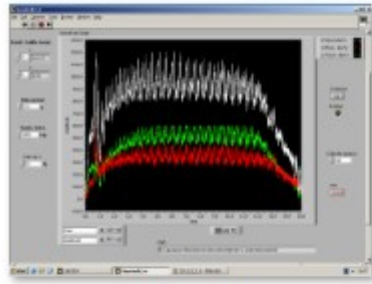
560_0,41_1_4



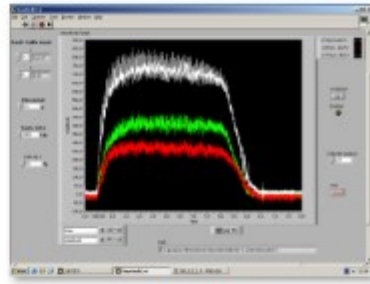
900_0,2_1_3



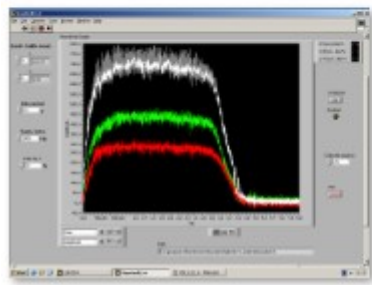
900_0,2_1_4



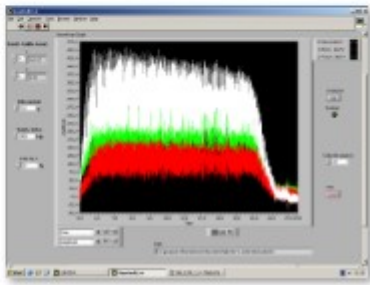
224_0,2_1_5



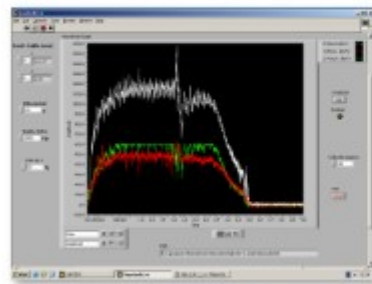
560_0,2_1_5



900_0,2_1_5

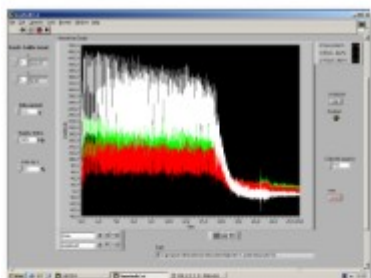


560_0,05_1_5

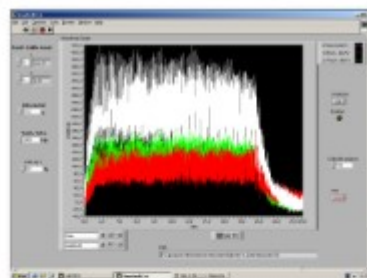


560_0,41_1_5

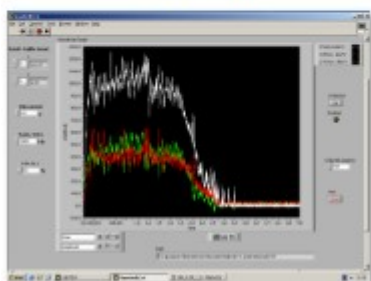
Naměřené průběhy složek sil pro vzorek č. 8



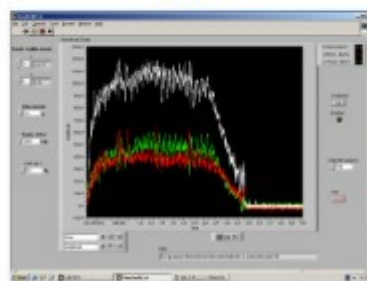
560_0,05_1_1



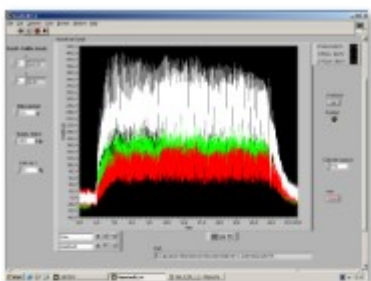
560_0,05_1_2



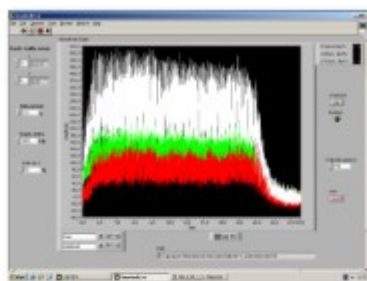
560_0,41_1_1



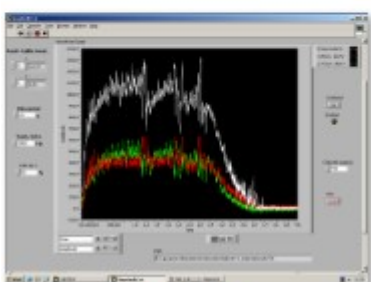
560_0,41_1_2



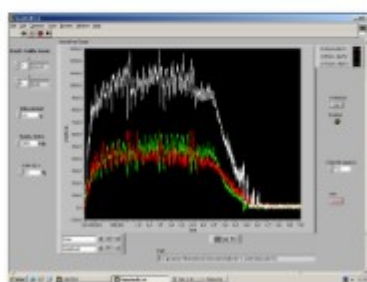
560_0,05_1_3



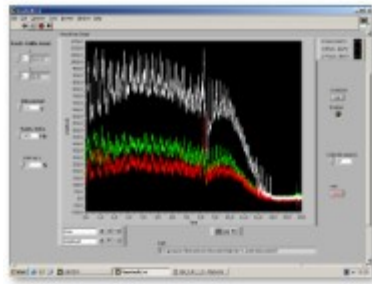
560_0,05_1_4



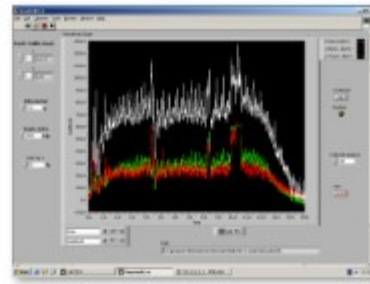
560_0,41_1_3



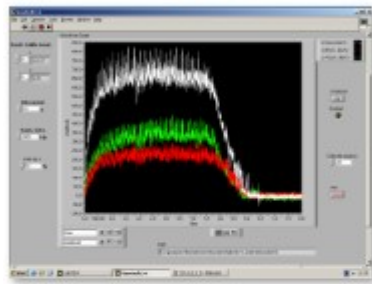
560_0,41_1_4



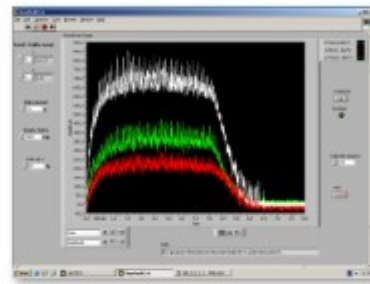
224_0,2_1_1



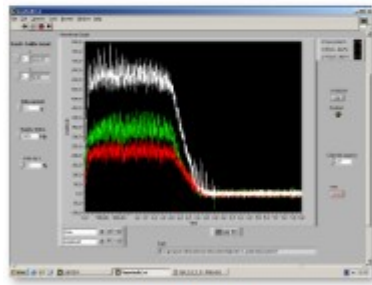
224_0,2_1_2



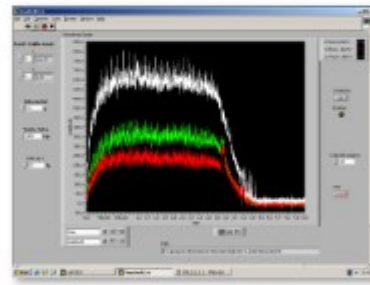
560_0,2_1_1



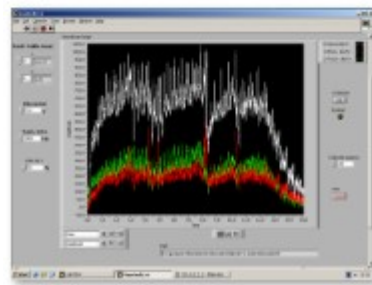
560_0,2_1_2



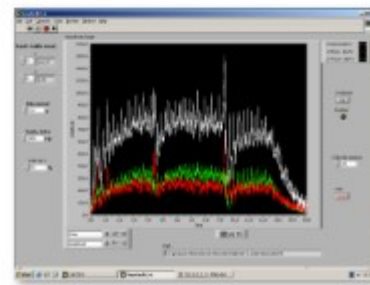
900_0,2_1_1



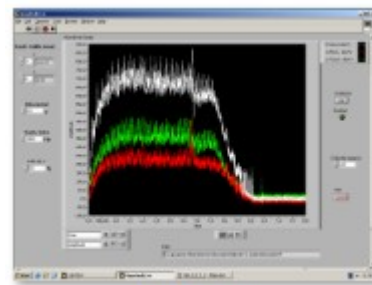
900_0,2_1_2



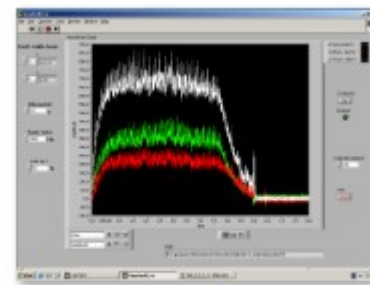
224_0,2_1_3



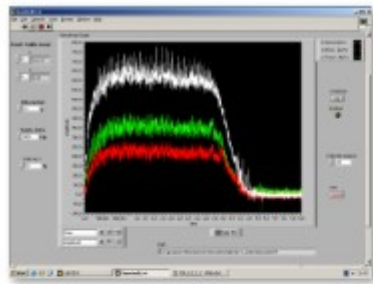
224_0,2_1_4



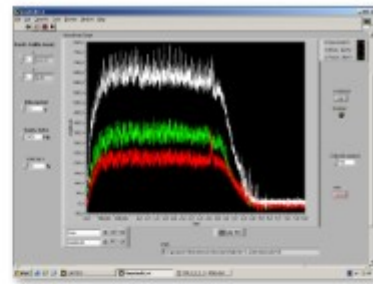
560_0,2_1_3



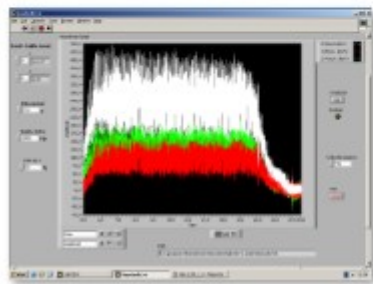
560_0,2_1_4



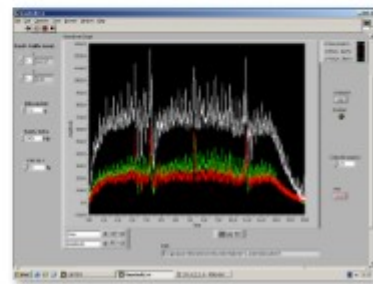
900_0,2_1_3



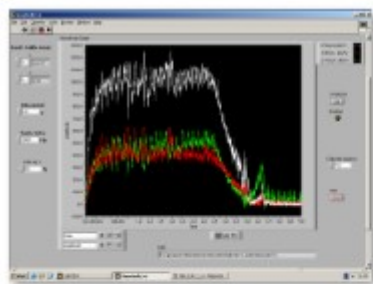
900_0,2_1_4



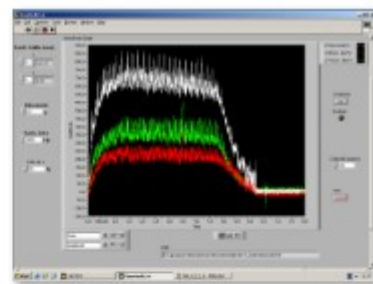
560_0,05_1_5



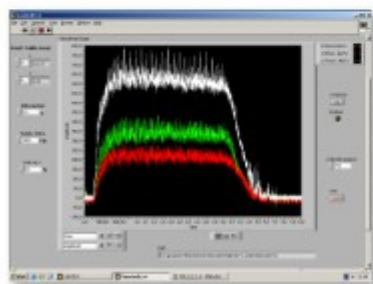
224_0,2_1_5



560_0,41_1_5



560_0,2_1_5



900_0,2_1_5

Příloha D - Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro jednotlivé materiály.

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 1

MAT.1 vc1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,996	3,647	3,247	3,492	3,439	3,372	3,764	4,173	3,081	3,358	3,457
Rz[μm]	15,975	22,017	21,765	23,343	21,348	18,599	20,510	22,706	20,306	19,985	20,655
Rt[μm]	26,170	35,334	31,022	31,803	34,657	24,792	32,068	35,073	34,862	24,831	31,061
MAT.1 vc1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,960	3,748	3,125	3,199	3,604	3,088	3,076	3,135	3,899	3,069	3,290
Rz[μm]	16,844	20,685	17,551	15,074	18,668	15,419	17,250	17,796	19,838	17,036	17,616
Rt[μm]	22,511	30,963	21,352	27,297	23,700	18,621	23,109	24,019	27,316	24,300	24,319
MAT.1 vc1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,354	3,655	3,651	3,208	3,625	3,234	3,901	3,574	3,212	3,162	3,458
Rz[μm]	18,408	21,417	21,326	19,078	21,020	16,246	19,716	20,035	16,486	16,867	19,060
Rt[μm]	22,785	25,788	24,638	23,826	24,774	22,011	26,861	27,697	22,414	22,846	24,364
MAT.1 vc1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,666	2,894	3,074	3,006	2,813	3,029	3,257	3,564	3,862	3,204	3,237
Rz[μm]	19,435	16,510	20,059	16,309	15,126	19,836	19,093	19,739	20,648	18,189	18,494
Rt[μm]	24,181	21,437	29,834	19,571	18,231	39,374	24,833	26,297	24,617	25,950	25,433
MAT.1 vc1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,546	2,673	2,720	2,697	2,581	2,466	3,189	4,238	2,890	5,224	3,122
Rz[μm]	14,327	14,605	16,950	16,505	15,881	14,394	15,971	23,734	18,065	27,277	17,771
Rt[μm]	18,957	19,656	24,668	30,381	22,190	20,272	25,052	36,208	26,871	49,349	27,360

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 1

MAT.1 vc2	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,204	1,801	2,338	2,277	2,081	1,737	2,319	1,959	2,109	1,958	2,078
Rz[μm]	9,796	8,921	12,893	12,884	9,895	8,053	10,199	9,686	11,082	9,019	10,243
Rt[μm]	12,338	10,478	22,404	18,811	13,457	9,261	14,386	11,180	14,676	10,275	13,727
MAT.1 vc2	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,232	2,144	1,925	2,103	1,769	2,312	2,620	1,775	2,129	1,943	2,095
Rz[μm]	12,032	10,376	8,852	9,326	8,146	10,829	16,683	8,222	10,547	10,349	10,536
Rt[μm]	23,254	17,949	12,480	11,165	9,115	20,328	29,432	9,041	19,049	19,254	17,107
MAT.1 vc2	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,157	2,106	2,105	1,997	2,094	2,345	2,114	1,890	2,077	1,986	2,087
Rz[μm]	10,333	11,825	10,381	9,391	9,965	10,854	11,250	9,842	9,986	9,409	10,324
Rt[μm]	12,596	14,239	12,185	11,400	11,020	11,648	13,415	12,042	11,502	11,424	12,147
MAT.1 vc2	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,753	2,486	2,221	2,704	2,863	2,624	2,550	2,784	2,870	2,200	2,606
Rz[μm]	13,715	11,626	10,191	12,993	12,152	12,166	11,580	12,626	11,665	10,337	11,905
Rt[μm]	24,333	13,661	10,672	20,410	16,593	15,238	14,047	21,278	14,528	10,905	16,167
MAT.1 vc2	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,391	2,329	2,168	2,072	2,273	2,091	2,394	2,513	2,522	2,321	2,307
Rz[μm]	11,019	10,820	10,346	9,831	11,144	9,677	11,516	12,161	12,633	11,251	11,040
Rt[μm]	16,032	14,873	12,232	11,919	17,320	10,773	19,571	19,205	19,654	15,028	15,661

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 1

MAT.1 vc3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,148	2,211	2,134	2,136	2,228	2,207	2,060	2,032	2,079	2,166	2,140
Rz[μm]	10,092	11,144	10,067	10,129	10,941	10,322	9,470	9,416	9,614	10,522	10,172
Rt[μm]	14,326	18,559	14,564	13,601	16,802	14,964	12,078	10,871	11,420	14,743	14,193
MAT.1 vc3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,165	2,157	2,152	2,145	1,919	1,926	1,929	2,006	1,958	2,164	2,052
Rz[μm]	10,383	10,476	10,316	10,461	8,998	8,924	9,084	9,374	9,320	10,454	9,779
Rt[μm]	15,818	14,513	14,955	14,077	9,631	9,822	10,439	11,028	11,177	15,864	12,732
MAT.1 vc3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,920	1,933	1,935	1,925	2,053	1,931	1,929	1,932	1,913	1,957	1,943
Rz[μm]	9,159	9,235	9,126	9,045	9,300	9,130	8,891	8,869	9,029	9,294	9,108
Rt[μm]	9,659	10,126	10,165	10,030	11,473	10,075	9,865	9,483	9,761	10,122	10,076
MAT.1 vc3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,946	1,948	1,920	1,939	2,075	1,909	1,976	1,915	1,958	1,920	1,951
Rz[μm]	9,013	9,088	8,970	9,096	9,780	8,864	9,232	8,908	9,235	8,945	9,113
Rt[μm]	10,106	10,164	9,945	10,152	12,715	9,385	9,831	9,892	9,908	9,491	10,159
MAT.1 vc3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,245	2,244	2,229	2,242	2,184	2,238	2,251	2,279	2,232	2,261	2,241
Rz[μm]	10,614	10,887	10,344	10,571	10,027	10,986	11,048	10,946	10,965	10,713	10,710
Rt[μm]	14,923	16,273	15,205	13,681	14,013	13,497	17,377	16,711	16,067	16,415	15,416

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 1

MAT.1 f1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,692	1,951	1,777	1,803	1,707	1,679	1,719	1,634	1,731	1,645	1,734
Rz[μm]	9,838	13,073	10,741	11,369	10,632	11,209	10,840	10,551	11,549	10,742	11,054
Rt[μm]	11,001	18,196	14,021	15,562	12,678	12,952	16,629	14,887	17,415	12,661	14,600
MAT.1 f1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,488	3,556	4,636	3,808	3,318	3,426	4,094	3,558	3,927	3,516	3,733
Rz[μm]	18,922	18,577	24,138	19,887	18,111	18,896	20,796	18,447	19,917	20,760	19,845
Rt[μm]	23,917	23,973	35,831	25,502	24,274	25,078	28,771	23,897	30,488	30,769	27,250
MAT.1 f1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,284	2,040	1,963	1,752	2,143	2,237	2,380	2,538	2,769	3,188	2,329
Rz[μm]	15,971	13,804	12,053	12,378	13,660	14,653	15,495	17,017	16,348	20,618	15,200
Rt[μm]	21,048	20,476	18,370	19,495	21,994	22,221	33,120	25,162	20,096	34,551	23,653
MAT.1 f1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,432	2,362	2,886	3,287	2,856	3,112	2,910	3,142	2,556	2,790	2,933
Rz[μm]	18,141	13,189	17,519	17,216	18,652	19,035	21,233	19,089	16,893	15,014	17,598
Rt[μm]	32,638	19,304	29,610	22,236	29,039	30,797	33,396	45,374	34,170	24,752	30,132
MAT.1 f1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,091	3,274	3,148	3,721	3,122	3,630	3,009	3,960	3,126	3,759	3,384
Rz[μm]	19,037	18,029	17,869	20,267	16,570	20,578	15,895	21,673	19,879	19,613	18,941
Rt[μm]	30,333	23,401	22,813	29,627	27,998	30,711	20,799	38,846	31,330	29,220	28,508

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 1

MAT.1 f3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,797	6,039	5,010	5,561	6,416	4,857	5,757	5,604	6,642	5,744	5,743
Rz[μm]	26,342	24,588	22,431	23,757	27,030	22,138	26,187	23,437	28,070	24,466	24,845
Rt[μm]	31,546	31,202	26,150	29,564	32,070	26,079	31,566	31,485	37,130	32,049	30,884
MAT.1 f3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	6,098	7,186	5,524	5,545	4,749	5,011	6,201	5,556	5,914	5,178	5,696
Rz[μm]	27,187	30,791	25,411	24,143	20,994	22,028	27,730	24,867	25,724	24,579	25,345
Rt[μm]	31,724	45,965	29,468	31,227	25,348	28,343	48,125	29,713	33,094	31,204	33,421
MAT.1 f3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,747	5,266	5,825	5,510	5,341	6,215	6,464	5,131	5,645	5,144	5,629
Rz[μm]	26,797	21,666	24,487	22,781	22,871	26,754	26,413	23,756	23,474	23,813	24,281
Rt[μm]	31,282	26,259	29,417	25,827	28,660	36,182	28,638	29,850	27,027	30,057	29,320
MAT.1 f3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,644	5,919	5,076	5,633	5,849	4,794	5,557	6,140	5,120	5,971	5,570
Rz[μm]	25,621	25,246	23,800	23,200	23,812	21,016	23,202	25,262	22,642	24,751	23,855
Rt[μm]	30,140	30,187	28,772	24,936	26,685	23,139	27,062	31,360	26,071	30,881	27,923
MAT.1 f3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,917	6,067	5,130	5,671	5,420	5,125	5,125	5,400	5,252	5,240	5,435
Rz[μm]	25,390	25,722	24,692	24,787	24,352	22,336	22,336	22,660	23,124	23,575	23,897
Rt[μm]	29,866	32,094	28,926	31,164	26,623	24,980	24,980	25,567	26,708	26,793	27,770

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 2

MAT.2 vc1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,579	3,745	5,268	3,886	3,736	3,341	3,965	4,376	3,942	3,849	3,969
Rz[μm]	18,175	21,046	26,625	19,054	19,886	24,034	21,411	22,246	21,070	20,975	21,452
Rt[μm]	26,079	33,185	36,176	23,950	30,438	36,893	26,629	26,713	28,383	26,325	29,477
MAT.2 vc1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,912	4,643	4,735	4,305	4,428	3,805	3,607	3,556	3,730	4,928	4,165
Rz[μm]	23,722	26,694	23,656	21,904	23,588	22,422	20,580	18,786	20,650	27,515	22,952
Rt[μm]	39,255	35,181	34,100	30,912	34,699	29,602	27,281	26,156	24,759	42,633	32,458
MAT.2 vc1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	4,591	4,936	4,692	4,110	4,891	4,737	3,847	3,941	4,776	4,040	4,456
Rz[μm]	24,509	25,109	22,670	20,531	24,431	23,901	21,402	22,205	24,547	22,654	23,196
Rt[μm]	39,577	34,195	29,207	24,213	35,501	33,246	29,913	30,626	36,109	28,516	32,110
MAT.2 vc1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	4,520	4,976	4,341	4,588	4,783	4,693	3,884	4,574	4,536	4,731	4,563
Rz[μm]	21,429	26,677	22,833	22,919	24,032	21,087	20,909	23,322	21,960	22,154	22,732
Rt[μm]	30,082	41,333	33,236	28,773	29,243	27,645	29,478	38,660	30,364	33,954	32,277
MAT.2 vc1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	4,300	4,631	3,792	3,867	3,417	3,050	3,792	4,373	3,019	3,849	3,809
Rz[μm]	22,748	23,710	19,945	19,971	19,100	16,008	20,957	25,700	17,022	21,131	20,629
Rt[μm]	33,845	33,491	33,815	27,917	30,165	19,819	24,992	36,229	25,279	29,993	29,555

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 2

MAT.2 vc2	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,371	2,351	2,351	2,341	2,408	2,480	2,419	2,338	2,378	2,545	2,398
Rz[μm]	10,480	10,147	10,088	10,399	10,232	10,452	10,660	9,727	10,461	11,012	10,366
Rt[μm]	11,234	11,161	11,700	11,591	11,247	13,769	12,191	10,958	11,350	15,616	12,082
MAT.2 vc2	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,362	2,420	2,394	2,344	1,775	2,352	2,371	2,392	2,413	2,341	2,316
Rz[μm]	9,577	10,544	9,942	9,906	8,583	9,976	9,775	10,520	10,677	9,807	9,931
Rt[μm]	10,639	13,443	11,124	11,416	10,510	11,434	10,395	12,226	12,418	10,706	11,431
MAT.2 vc2	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,677	2,256	2,255	2,893	2,450	2,710	2,366	2,595	2,873	2,329	2,540
Rz[μm]	12,462	9,918	10,780	13,185	10,051	12,671	10,084	11,284	13,407	9,436	11,328
Rt[μm]	24,672	10,772	16,356	20,478	12,545	23,864	13,250	16,774	24,347	11,292	17,435
MAT.2 vc2	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,240	2,414	2,638	2,623	2,297	2,388	2,524	2,607	2,908	2,976	2,562
Rz[μm]	9,351	10,685	12,477	12,499	9,842	10,560	11,167	12,606	14,580	14,311	11,808
Rt[μm]	10,507	14,112	22,613	21,326	11,389	13,407	21,985	22,911	22,894	22,118	18,326
MAT.2 vc2	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,670	1,910	1,677	1,740	1,813	1,779	1,736	1,940	1,856	1,763	1,788
Rz[μm]	7,740	8,864	8,060	8,324	8,395	9,153	8,129	9,649	8,267	8,149	8,473
Rt[μm]	8,783	11,913	9,122	9,746	11,242	12,501	9,385	12,898	10,696	9,995	10,628

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 2

MAT.2 vc3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,029	1,187	1,244	1,171	1,232	1,235	1,052	1,272	1,271	1,183	1,188
Rz[μm]	6,042	7,200	7,401	6,432	6,817	6,708	5,548	8,162	8,149	7,006	6,947
Rt[μm]	9,487	15,202	16,918	10,534	13,873	13,300	18,189	20,132	20,762	15,120	15,352
MAT.2 vc3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,307	1,243	1,272	1,273	1,288	1,286	1,521	1,417	1,456	1,288	1,335
Rz[μm]	6,674	6,108	6,401	6,502	6,571	6,776	7,381	7,265	7,660	6,578	6,792
Rt[μm]	8,582	7,150	7,085	6,968	7,566	7,527	11,684	10,329	12,321	7,440	8,665
MAT.2 vc3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,489	1,406	1,616	1,518	1,441	1,362	1,602	1,423	1,491	1,286	1,463
Rz[μm]	7,606	7,405	9,160	8,015	7,594	7,833	8,484	7,396	7,719	6,602	7,781
Rt[μm]	10,314	9,205	18,062	11,541	9,685	11,459	15,055	9,746	11,560	7,331	11,396
MAT.2 vc3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,659	1,558	1,444	1,386	1,349	1,282	1,359	1,455	1,449	1,339	1,428
Rz[μm]	8,288	7,973	7,537	7,469	7,074	7,043	7,340	8,080	7,407	7,357	7,557
Rt[μm]	10,510	11,207	10,043	8,762	9,525	9,045	9,574	13,198	9,241	9,023	10,013
MAT.2 vc3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,273	1,289	1,316	1,326	1,511	1,365	1,449	1,241	1,398	1,413	1,358
Rz[μm]	6,557	6,406	6,980	6,969	8,355	7,066	7,823	6,135	7,416	7,283	7,099
Rt[μm]	7,828	7,975	9,914	9,105	16,183	10,002	13,448	6,771	11,720	11,156	10,410

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 2

MAT.2 f1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,294	4,180	3,280	3,013	3,163	3,854	2,913	3,225	3,401	2,710	3,303
Rz[μm]	18,287	23,322	18,837	16,866	17,878	22,437	18,427	18,325	19,994	14,339	18,871
Rt[μm]	31,086	40,760	27,303	32,554	35,469	40,794	37,243	29,112	38,481	26,608	33,941
MAT.2 f1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,391	2,981	2,955	3,086	3,746	3,361	3,201	3,696	2,843	2,975	3,124
Rz[μm]	14,171	17,925	17,313	17,225	22,861	18,833	18,666	20,908	16,219	17,048	18,117
Rt[μm]	15,794	25,139	24,564	28,086	41,851	25,374	24,304	35,722	25,459	23,646	26,994
MAT.2 f1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	4,569	3,922	3,830	3,945	2,814	3,299	4,251	3,332	3,419	2,391	3,577
Rz[μm]	24,135	23,620	23,903	24,445	14,015	20,415	22,062	19,904	20,429	14,171	20,710
Rt[μm]	29,033	39,809	35,502	34,047	19,023	30,182	37,487	25,371	24,086	15,794	29,033
MAT.2 f1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,576	3,130	2,333	3,551	4,052	3,578	3,047	2,589	2,437	2,929	3,122
Rz[μm]	21,989	19,047	14,020	21,931	22,860	20,259	17,667	13,604	14,079	17,409	18,287
Rt[μm]	40,188	25,154	26,077	30,863	48,533	24,750	27,401	21,315	17,633	30,724	29,264
MAT.2 f1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,366	3,623	3,153	3,473	2,778	3,459	3,959	2,910	3,657	3,073	3,345
Rz[μm]	20,917	22,035	19,118	17,963	15,968	21,758	20,563	18,937	21,283	17,388	19,593
Rt[μm]	29,767	34,103	25,510	25,912	25,733	29,387	26,982	25,446	32,120	30,454	28,541

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 2

MAT.2 f3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,422	4,948	5,032	5,131	5,410	5,567	4,957	5,735	5,232	5,062	5,250
Rz[μm]	22,814	22,194	22,064	23,218	23,954	24,268	22,932	24,767	22,892	23,019	23,212
Rt[μm]	24,573	26,313	25,438	26,813	31,137	26,150	25,430	32,084	25,490	29,191	27,262
MAT.2 f3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,207	5,284	5,130	5,370	5,510	5,051	5,123	5,412	5,275	5,004	5,237
Rz[μm]	23,344	22,990	22,989	23,008	24,136	22,027	23,483	24,805	23,793	22,139	23,271
Rt[μm]	25,133	26,157	25,040	25,074	28,295	23,539	25,120	28,752	25,218	24,019	25,635
MAT.2 f3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,008	4,980	5,002	5,140	4,991	5,181	5,057	5,177	5,296	4,990	5,082
Rz[μm]	21,652	22,430	21,743	23,037	22,916	23,489	22,325	22,864	23,837	21,428	22,572
Rt[μm]	23,294	22,258	22,724	26,717	25,558	26,660	23,729	25,576	26,177	22,528	24,522
MAT.2 f3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,093	4,948	5,321	5,443	4,994	5,590	5,022	4,937	5,085	5,118	5,155
Rz[μm]	22,713	21,523	23,737	22,975	22,519	23,717	22,814	22,284	22,489	24,000	22,877
Rt[μm]	25,622	23,945	27,282	24,715	24,079	26,603	25,088	24,114	24,602	27,709	25,376
MAT.2 f3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,029	5,144	4,938	5,165	5,108	4,979	5,095	5,317	5,070	5,279	5,112
Rz[μm]	23,299	21,945	22,401	22,692	22,617	21,727	22,269	22,992	22,169	23,124	22,524
Rt[μm]	28,194	23,338	23,639	24,501	25,368	23,381	24,388	25,152	23,806	25,037	24,680

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 3

MAT.3 vc1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,640	2,793	3,477	3,202	3,311	3,692	3,366	3,074	3,569	2,790	3,191
Rz[μm]	13,397	16,731	20,637	15,184	16,587	17,050	14,202	15,740	15,725	12,672	15,793
Rt[μm]	26,916	33,454	34,416	22,728	29,140	24,532	15,962	40,018	25,723	18,894	27,178
MAT.3 vc1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,712	2,643	3,583	2,973	2,174	2,267	2,662	3,184	2,083	2,523	2,780
Rz[μm]	20,849	14,497	13,494	15,850	11,025	10,107	14,089	16,726	9,580	12,026	13,824
Rt[μm]	29,927	21,181	14,357	21,556	16,233	12,416	20,289	29,845	11,042	14,050	19,090
MAT.3 vc1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,137	2,939	2,325	2,577	2,447	2,035	3,503	2,890	2,356	2,228	2,644
Rz[μm]	17,253	15,014	11,813	14,765	14,707	0,295	19,106	16,726	13,701	10,462	13,384
Rt[μm]	31,996	19,029	16,029	27,426	24,927	10,956	29,266	25,259	20,634	16,457	22,198
MAT.3 vc1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,047	2,582	3,336	2,080	2,472	2,379	2,162	3,351	3,351	2,444	2,620
Rz[μm]	8,817	14,402	20,877	10,642	13,612	12,585	10,935	18,887	18,887	14,841	14,449
Rt[μm]	9,625	22,420	30,485	13,012	20,531	20,109	14,846	28,514	28,514	23,659	21,172
MAT.3 vc1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,252	2,343	2,563	2,014	1,982	2,684	2,183	2,657	2,509	2,042	2,323
Rz[μm]	11,241	12,352	13,900	9,358	8,407	13,667	11,099	12,784	14,462	8,814	11,608
Rt[μm]	14,780	18,293	18,666	13,106	9,143	22,270	15,076	19,882	20,422	9,905	16,154

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 3

MAT.3 vc2	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,064	2,073	2,097	2,095	2,080	2,088	2,097	2,068	2,041	2,030	2,073
Rz[μm]	9,019	8,990	8,752	9,300	8,450	9,146	8,858	8,632	8,553	8,831	8,853
Rt[μm]	9,832	9,814	9,535	10,073	9,308	10,484	9,656	10,121	9,254	9,905	9,798
MAT.3 vc2	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,147	2,103	2,042	2,086	2,065	2,099	2,081	2,104	2,085	2,064	2,088
Rz[μm]	8,686	9,155	8,381	8,611	8,712	8,758	8,391	8,797	8,612	9,019	8,712
Rt[μm]	9,874	10,233	9,120	9,465	10,218	9,698	8,956	9,695	9,313	9,832	9,640
MAT.3 vc2	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,066	2,062	2,049	2,216	2,378	2,393	2,068	2,030	2,132	2,250	2,164
Rz[μm]	8,893	8,681	8,484	9,432	11,221	10,638	8,719	8,485	9,596	10,151	9,430
Rt[μm]	9,641	9,411	9,284	12,022	18,988	18,918	9,478	9,070	11,757	14,104	12,267
MAT.3 vc2	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,022	2,039	2,036	2,042	2,024	2,044	2,063	2,045	2,066	2,046	2,043
Rz[μm]	8,445	8,741	8,396	8,429	8,666	8,431	8,545	8,375	8,680	8,855	8,556
Rt[μm]	8,962	9,497	9,289	9,267	9,654	9,171	9,847	9,960	9,833	9,160	9,464
MAT.3 vc2	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,035	2,009	2,017	2,003	2,022	2,005	2,050	2,010	2,031	1,996	2,018
Rz[μm]	8,611	8,829	8,784	8,437	8,954	8,379	8,575	8,453	8,744	8,731	8,650
Rt[μm]	9,408	9,637	9,762	9,479	10,479	9,162	9,753	9,330	9,414	9,264	9,569

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 3

MAT.3 vc3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,023	2,178	2,383	2,120	2,282	2,365	2,168	2,051	2,125	2,407	2,210
Rz[μm]	8,510	9,267	10,600	8,846	10,070	10,318	9,066	8,789	9,105	11,161	9,573
Rt[μm]	9,448	11,652	17,998	10,175	12,524	17,591	12,050	10,503	11,445	18,523	13,191
MAT.3 vc3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,063	2,072	2,085	2,080	2,083	2,083	2,090	2,078	2,091	2,121	2,085
Rz[μm]	8,326	8,603	8,393	8,278	8,437	8,530	8,443	8,772	8,300	8,909	8,499
Rt[μm]	8,928	9,876	9,228	8,626	8,677	9,525	8,978	10,014	9,158	9,553	9,256
MAT.3 vc3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,023	2,003	2,018	2,059	2,125	2,125	2,034	2,056	2,048	2,021	2,051
Rz[μm]	8,558	8,225	8,576	9,009	9,194	8,987	8,455	8,562	8,532	8,474	8,657
Rt[μm]	9,436	8,666	9,170	10,134	10,314	10,254	9,742	9,339	8,927	9,697	9,568
MAT.3 vc3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,046	2,049	2,054	2,076	2,061	2,084	2,120	2,062	2,051	2,031	2,063
Rz[μm]	8,765	8,545	8,700	8,726	8,676	8,718	8,775	8,620	8,720	8,638	8,688
Rt[μm]	9,321	9,140	9,064	9,672	9,419	9,403	9,590	9,188	9,235	9,592	9,362
MAT.3 vc3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,023	2,053	2,012	2,050	2,051	2,029	2,022	2,033	2,014	2,036	2,032
Rz[μm]	8,318	8,735	8,336	8,400	8,557	8,533	8,470	8,480	8,304	8,552	8,469
Rt[μm]	9,176	9,141	8,993	9,043	9,010	9,268	9,067	9,323	8,728	9,159	9,091

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 3

MAT.3 f1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,656	0,521	0,591	0,698	0,520	0,638	0,541	0,559	0,619	0,627	0,597
Rz[μm]	4,488	3,471	4,977	5,213	3,693	4,709	4,342	3,966	4,815	4,866	4,454
Rt[μm]	6,182	3,947	7,272	12,025	6,227	7,131	6,601	4,841	6,665	8,403	6,929
MAT.3 f1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,894	0,624	0,531	0,545	0,517	0,635	0,621	0,622	0,553	0,647	0,619
Rz[μm]	6,877	4,902	2,929	3,370	3,402	5,030	4,536	5,667	3,581	4,830	4,512
Rt[μm]	17,256	10,506	3,672	4,394	5,027	8,279	7,867	9,476	6,203	8,548	8,123
MAT.3 f1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,430	0,400	0,454	0,508	0,556	0,608	0,498	0,408	0,472	0,613	0,495
Rz[μm]	2,887	2,635	2,826	3,516	3,606	4,188	3,183	2,858	3,317	5,570	3,459
Rt[μm]	4,507	3,776	3,943	4,395	6,014	5,563	4,503	5,665	4,507	9,776	5,265
MAT.3 f1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,598	0,414	0,428	0,373	0,522	0,534	0,435	0,574	0,428	0,439	0,475
Rz[μm]	3,070	2,814	2,906	2,804	3,089	3,467	2,542	3,253	3,110	2,684	2,974
Rt[μm]	4,318	3,653	3,760	3,425	4,282	4,507	3,335	3,814	4,202	3,809	3,911
MAT.3 f1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,552	0,394	0,351	0,362	0,394	0,439	0,346	0,563	0,563	0,424	0,439
Rz[μm]	3,780	2,983	2,425	2,632	2,523	2,841	3,257	3,332	3,332	3,395	3,050
Rt[μm]	5,716	3,777	3,093	3,262	3,610	4,122	5,582	4,296	4,296	5,804	4,356

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 3

MAT.3 f3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,714	5,698	6,253	6,188	5,681	6,353	6,864	5,718	5,554	5,806	5,983
Rz[μm]	24,438	24,112	25,760	25,301	24,705	25,544	26,755	24,240	23,686	24,346	24,889
Rt[μm]	26,695	26,000	29,348	27,884	26,268	29,424	29,836	26,386	25,023	25,906	27,277
MAT.3 f3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,721	5,733	6,213	5,763	5,808	5,670	5,702	5,626	5,796	6,165	5,820
Rz[μm]	24,546	24,367	25,315	25,052	24,884	24,443	24,684	24,499	24,802	25,790	24,838
Rt[μm]	26,760	26,188	29,522	26,834	27,071	25,256	26,194	26,645	27,589	29,177	27,124
MAT.3 f3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,627	5,586	6,162	6,522	5,557	6,163	5,929	5,616	5,698	6,691	5,955
Rz[μm]	24,157	23,653	25,124	26,781	24,312	25,623	24,809	24,249	24,614	27,651	25,097
Rt[μm]	25,591	25,724	29,476	34,648	25,345	30,148	27,943	25,321	26,358	40,533	29,109
MAT.3 f3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	6,417	6,159	5,594	5,604	5,309	5,533	5,587	6,419	6,158	5,615	5,840
Rz[μm]	25,871	26,479	24,168	24,083	24,082	23,910	24,034	25,998	25,882	24,133	24,864
Rt[μm]	33,401	31,353	26,080	26,143	25,032	25,141	26,102	34,077	31,531	26,252	28,511
MAT.3 f3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	6,014	6,151	5,561	5,627	5,980	5,604	5,989	5,740	5,556	5,941	5,816
Rz[μm]	24,621	25,014	23,622	23,964	25,805	24,227	24,497	24,269	23,677	25,021	24,472
Rt[μm]	28,223	29,671	24,663	26,352	30,244	25,871	28,109	25,898	25,337	28,877	27,325

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 4

MAT.4 vc1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,156	3,604	3,939	4,294	4,658	4,184	4,232	3,852	3,588	3,206	3,871
Rz[μm]	15,722	16,969	21,657	22,907	25,790	24,761	20,948	20,021	17,335	19,041	20,515
Rt[μm]	24,820	23,722	32,405	34,627	30,548	34,568	33,110	26,299	26,547	25,610	29,226
MAT.4 vc1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,885	3,295	3,295	3,170	4,406	2,933	3,795	3,654	3,378	3,413	3,522
Rz[μm]	21,184	19,217	19,217	16,295	24,124	20,070	20,236	19,609	18,678	20,460	19,909
Rt[μm]	27,694	27,067	27,067	21,092	39,384	27,315	31,792	28,590	25,270	32,921	28,819
MAT.4 vc1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	4,228	3,379	3,290	3,418	3,390	3,553	3,543	4,202	3,434	3,190	3,563
Rz[μm]	21,596	20,267	20,448	18,571	19,214	19,358	19,196	21,118	19,290	18,041	19,710
Rt[μm]	30,024	27,781	25,821	24,266	26,113	30,501	25,376	29,578	28,111	24,993	27,256
MAT.4 vc1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,484	3,211	3,325	2,288	2,904	2,645	2,713	2,892	3,227	3,284	2,997
Rz[μm]	16,309	16,608	19,541	15,471	15,190	16,296	13,483	14,968	15,709	17,438	16,101
Rt[μm]	27,546	23,229	37,727	22,261	18,291	21,256	19,432	25,206	22,945	27,189	24,508
MAT.4 vc1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	4,570	3,791	4,232	4,222	4,223	3,778	4,396	4,139	3,967	4,181	4,150
Rz[μm]	24,315	20,777	21,073	19,452	19,582	22,344	22,558	20,653	19,392	22,220	21,237
Rt[μm]	34,750	28,762	27,729	32,897	24,835	35,089	29,453	28,308	24,992	29,293	29,611

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 4

MAT.4 vc2	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,058	2,171	2,126	2,088	2,152	2,453	2,473	2,511	2,317	2,600	2,295
Rz[μm]	9,970	9,732	10,062	10,235	9,831	11,408	12,175	11,428	12,035	12,373	10,925
Rt[μm]	10,678	10,547	13,052	12,681	11,271	14,822	18,571	16,605	15,948	17,634	14,181
MAT.4 vc2	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,456	2,737	2,343	2,461	2,598	2,865	1,528	2,788	2,310	2,040	2,413
Rz[μm]	10,410	12,270	10,339	11,822	12,438	13,943	8,316	11,886	13,335	14,006	11,877
Rt[μm]	15,318	17,690	11,127	16,486	24,181	21,855	10,730	14,324	17,705	17,893	16,731
MAT.4 vc2	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,148	2,139	2,461	2,452	2,222	2,138	2,549	2,487	2,256	2,117	2,297
Rz[μm]	9,705	9,736	11,726	11,482	10,038	10,301	12,717	12,259	10,453	12,216	11,063
Rt[μm]	10,945	10,362	14,061	13,189	11,966	11,355	20,610	19,811	15,605	14,486	14,239
MAT.4 vc2	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,371	2,419	2,427	2,467	2,467	2,355	2,234	2,478	2,303	2,016	2,354
Rz[μm]	11,157	10,571	11,324	11,186	11,186	10,521	10,748	11,017	10,135	12,019	10,986
Rt[μm]	14,382	13,260	13,662	14,475	14,475	12,017	14,950	12,816	14,407	15,206	13,965
MAT.4 vc2	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,288	2,201	2,654	2,913	2,363	2,502	2,404	2,215	2,445	2,138	2,412
Rz[μm]	10,105	9,886	11,879	14,127	11,031	11,311	11,366	9,376	11,716	10,456	11,125
Rt[μm]	11,909	10,689	15,820	19,334	14,502	16,816	17,519	12,580	16,165	15,317	15,065

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 4

MAT.4 vc3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,015	2,008	2,009	2,003	2,097	2,015	1,909	2,022	2,008	2,020	2,011
Rz[μm]	9,083	9,104	8,825	8,744	9,352	8,986	8,244	8,978	8,937	8,811	8,906
Rt[μm]	9,800	9,831	9,716	9,696	10,415	9,805	9,192	9,899	9,928	9,855	9,814
MAT.4 vc3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,020	2,063	2,052	2,022	2,052	2,037	2,030	2,047	2,052	2,022	2,040
Rz[μm]	8,956	9,196	9,323	8,901	8,882	9,163	8,735	9,028	9,323	8,901	9,041
Rt[μm]	9,896	9,582	9,998	9,581	9,651	10,059	9,339	10,502	9,998	9,581	9,819
MAT.4 vc3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,018	2,024	2,119	2,002	2,183	2,045	2,027	2,019	2,119	2,183	2,074
Rz[μm]	8,728	9,047	9,946	8,827	9,436	9,263	8,709	8,752	9,946	9,436	9,209
Rt[μm]	9,313	9,379	11,924	9,426	12,035	10,894	9,501	9,257	11,924	12,035	10,569
MAT.4 vc3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,055	2,068	2,254	2,196	2,254	2,071	2,016	2,015	2,196	2,071	2,120
Rz[μm]	9,270	9,102	10,525	9,947	10,222	9,381	9,038	8,915	9,947	9,381	9,573
Rt[μm]	10,111	10,410	16,308	14,464	15,132	10,466	10,039	9,534	14,464	10,466	12,139
MAT.4 vc3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,243	2,264	2,313	2,096	2,279	2,073	2,029	2,338	2,243	2,073	2,195
Rz[μm]	9,314	10,464	10,209	9,134	10,487	9,376	9,396	10,194	9,314	9,376	9,726
Rt[μm]	11,197	16,239	16,324	10,296	14,624	10,750	10,619	12,269	11,197	10,750	12,427

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 4

MAT.4 f1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,816	2,669	2,170	2,004	2,317	2,371	1,751	1,792	1,816	2,371	2,108
Rz[μm]	10,666	18,594	14,249	15,073	15,051	14,123	10,932	12,837	10,666	14,123	13,631
Rt[μm]	17,708	32,515	20,939	26,900	18,456	20,519	15,877	20,916	17,708	20,519	21,206
MAT.4 f1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,831	1,378	1,523	1,435	1,336	2,091	1,707	2,146	1,435	1,707	1,659
Rz[μm]	12,669	9,236	11,075	8,761	8,224	12,940	11,722	14,476	8,761	11,722	10,959
Rt[μm]	21,753	15,286	20,834	12,868	12,999	19,977	19,535	25,445	12,868	19,535	18,110
MAT.4 f1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,596	0,630	0,581	0,573	0,850	0,599	0,742	0,491	0,850	0,573	0,649
Rz[μm]	4,407	5,746	5,154	4,526	7,791	4,023	6,400	3,635	7,791	4,526	5,400
Rt[μm]	5,952	9,607	7,126	7,945	12,304	5,269	10,501	4,884	12,304	7,945	8,384
MAT.4 f1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,784	0,929	0,801	0,713	0,814	0,685	0,770	0,721	0,770	0,685	0,767
Rz[μm]	7,405	8,412	6,342	5,719	7,928	6,382	7,193	6,028	7,193	6,382	6,898
Rt[μm]	15,497	23,276	11,361	15,053	16,554	10,884	10,714	11,079	10,714	10,884	13,602
MAT.4 f1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,232	1,283	1,392	1,183	1,852	1,650	0,976	1,138	1,283	1,852	1,384
Rz[μm]	10,344	6,878	9,221	7,817	10,851	11,120	6,851	8,802	6,878	10,851	8,961
Rt[μm]	26,642	13,414	14,995	12,964	19,347	22,068	11,302	17,830	13,414	19,347	17,132

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 4

MAT.4 f3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,283	5,542	5,268	5,169	6,004	5,329	5,239	5,536	5,100	5,450	5,392
Rz[μm]	21,656	21,558	21,459	21,091	23,679	21,703	21,517	23,034	20,593	22,032	21,832
Rt[μm]	23,261	24,057	23,612	22,849	32,099	23,905	22,640	24,721	21,836	25,607	24,459
MAT.4 f3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,163	5,971	5,432	5,431	5,197	5,565	5,147	5,330	5,197	5,971	5,440
Rz[μm]	21,569	23,212	21,796	21,645	21,178	22,059	21,821	21,942	21,178	23,212	21,961
Rt[μm]	23,854	26,381	24,056	24,820	21,895	24,615	23,603	23,451	21,895	26,381	24,095
MAT.4 f3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,294	5,491	5,559	5,100	5,505	5,248	5,228	5,229	5,559	5,294	5,351
Rz[μm]	21,976	22,196	22,154	21,190	22,412	22,604	22,285	22,362	22,154	21,976	22,131
Rt[μm]	24,777	25,400	27,104	23,180	26,973	24,623	23,604	25,648	27,104	24,777	25,319
MAT.4 f3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,482	5,125	5,035	5,257	5,116	5,018	5,018	5,251	5,048	5,035	5,139
Rz[μm]	22,555	21,517	20,975	21,918	21,204	20,911	20,911	22,385	20,382	20,975	21,373
Rt[μm]	25,804	23,557	22,216	24,729	22,748	22,066	22,066	25,295	22,011	22,216	23,271
MAT.4 f3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,141	5,610	5,153	5,182	5,110	5,237	5,126	5,155	5,237	5,126	5,208
Rz[μm]	21,678	22,650	20,429	22,342	20,193	22,173	20,975	21,726	22,173	20,975	21,531
Rt[μm]	23,312	25,760	22,497	23,853	22,106	24,911	21,850	23,398	24,911	21,850	23,445

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 5

MAT.5 vc1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,561	3,001	2,883	2,823	2,795	2,646	3,283	2,366	2,795	3,001	2,815
Rz[μm]	15,170	17,854	16,314	15,351	17,390	15,470	19,322	14,723	17,390	17,854	16,684
Rt[μm]	24,107	26,738	25,576	34,139	22,971	27,699	28,671	24,440	22,971	26,738	26,405
MAT.5 vc1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,921	3,058	3,728	3,276	3,169	2,578	2,722	2,297	2,921	2,578	2,925
Rz[μm]	17,528	20,198	22,580	20,258	18,552	13,136	14,049	12,843	17,528	13,136	16,981
Rt[μm]	29,698	29,506	39,891	38,891	31,404	27,119	19,368	19,918	29,698	27,119	29,261
MAT.5 vc1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	4,407	4,083	4,182	3,901	4,297	4,001	4,912	3,960	4,182	4,912	4,284
Rz[μm]	22,641	21,306	19,669	21,964	21,773	21,759	26,220	21,019	19,669	26,220	22,224
Rt[μm]	29,687	32,677	25,064	28,757	31,934	28,768	35,970	34,211	25,064	35,970	30,810
MAT.5 vc1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,720	2,939	2,641	2,583	3,249	3,271	2,629	2,837	2,583	2,837	2,829
Rz[μm]	20,144	16,875	14,937	16,611	18,299	20,521	15,702	14,779	16,611	14,779	16,926
Rt[μm]	29,533	23,006	22,948	26,908	26,893	28,967	26,492	21,395	26,908	21,395	25,445
MAT.5 vc1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	4,429	4,491	5,574	4,531	4,800	4,865	5,238	4,543	4,800	4,543	4,781
Rz[μm]	24,062	23,034	27,497	25,200	23,373	23,974	28,038	23,460	23,373	23,460	24,547
Rt[μm]	26,951	30,756	32,136	34,992	28,950	30,989	36,977	30,087	28,950	30,087	31,088

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 5

MAT.5 vc2	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,498	2,500	2,546	2,430	2,669	2,776	2,612	2,962	2,500	2,776	2,627
Rz[μm]	12,928	12,681	13,063	11,798	11,998	14,982	13,220	15,549	12,681	14,682	13,358
Rt[μm]	15,694	18,396	19,036	17,226	19,961	24,648	22,616	23,475	18,396	24,648	20,410
MAT.5 vc2	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,519	2,823	2,303	2,652	2,630	2,674	2,429	2,145	2,630	2,519	2,532
Rz[μm]	12,655	14,917	12,254	13,815	14,180	14,443	12,292	10,830	14,180	12,655	13,222
Rt[μm]	19,116	20,304	17,662	19,763	21,332	22,697	21,651	12,323	21,332	19,116	19,530
MAT.5 vc2	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,497	2,287	2,340	2,485	2,839	2,297	2,304	2,312	2,340	2,839	2,454
Rz[μm]	12,186	10,648	11,049	11,648	12,465	10,983	11,485	11,212	11,049	12,465	11,519
Rt[μm]	16,910	14,310	15,204	16,468	20,689	14,388	14,380	17,455	15,204	20,689	16,570
MAT.5 vc2	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,614	2,378	2,546	2,217	2,455	2,673	2,451	2,565	2,614	2,673	2,519
Rz[μm]	13,772	11,651	13,509	11,953	11,802	14,502	13,219	13,615	13,772	14,502	13,230
Rt[μm]	23,991	15,904	21,455	19,547	14,976	22,970	24,471	23,275	23,991	22,970	21,355
MAT.5 vc2	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,067	1,999	1,969	2,053	2,271	2,023	2,017	2,422	2,074	2,033	2,093
Rz[μm]	10,561	9,178	9,198	9,637	11,428	9,929	9,964	12,839	9,795	9,481	10,201
Rt[μm]	13,493	10,260	10,141	10,627	18,857	11,437	11,981	21,983	13,132	10,598	13,251

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 5

MAT.5 vc3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,952	1,988	2,026	1,974	1,957	1,960	1,953	2,033	1,988	1,952	1,978
Rz[μm]	8,593	8,769	9,015	9,007	8,407	8,305	8,638	9,205	8,769	8,593	8,730
Rt[μm]	9,746	9,380	10,267	9,719	9,026	8,910	9,269	9,925	9,380	9,746	9,537
MAT.5 vc3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,157	2,114	2,475	2,143	2,064	2,141	2,085	1,953	2,114	2,064	2,131
Rz[μm]	10,457	9,942	15,651	9,900	10,103	10,266	10,017	8,615	9,942	10,103	10,500
Rt[μm]	14,862	14,813	30,405	13,154	12,592	12,477	13,581	9,285	14,813	12,592	14,857
MAT.5 vc3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,945	1,976	1,986	2,161	1,937	2,000	1,978	2,041	1,986	2,000	2,001
Rz[μm]	8,474	8,792	8,929	10,301	8,555	8,991	8,781	10,315	8,929	8,991	9,106
Rt[μm]	9,746	10,215	10,303	14,643	9,384	9,592	9,173	15,136	10,303	9,592	10,809
MAT.5 vc3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,951	1,980	1,920	1,977	2,003	2,025	1,977	1,961	1,980	1,977	1,975
Rz[μm]	9,150	9,178	8,613	9,488	9,359	10,151	8,964	8,882	9,178	9,488	9,245
Rt[μm]	10,941	10,395	9,258	12,140	11,133	14,523	10,030	9,925	10,395	12,140	11,088
MAT.5 vc3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,965	2,209	2,078	1,967	1,931	2,150	1,981	2,305	2,078	2,305	2,097
Rz[μm]	8,863	10,317	9,977	9,125	8,291	9,748	8,913	11,390	9,977	11,390	9,799
Rt[μm]	10,271	16,293	14,251	10,098	8,593	14,581	10,384	21,744	14,251	21,744	14,221

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 5

MAT.5 f1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,948	1,091	0,623	1,125	1,842	0,790	0,530	0,876	1,125	0,790	0,974
Rz[μm]	7,808	11,801	4,057	8,295	12,733	6,150	3,968	8,977	8,812	6,789	7,939
Rt[μm]	10,978	17,148	6,371	14,565	24,068	10,605	6,965	18,023	14,000	10,598	13,332
MAT.5 f1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,352	0,976	0,692	1,152	1,392	1,345	0,704	0,608	0,877	0,721	0,982
Rz[μm]	9,929	7,704	6,667	8,762	9,313	9,432	4,417	4,075	8,256	5,023	7,358
Rt[μm]	15,828	10,575	13,597	21,515	17,324	14,101	5,574	6,855	10,895	7,812	12,408
MAT.5 f1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,645	1,010	1,232	0,847	1,499	2,079	0,700	0,658	0,875	2,658	1,220
Rz[μm]	4,151	9,452	9,902	6,626	11,894	18,234	4,420	4,783	4,258	10,268	8,399
Rt[μm]	5,714	19,067	17,742	13,277	21,118	31,462	5,995	8,948	6,158	18,678	14,816
MAT.5 f1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,845	0,839	1,201	0,805	1,860	0,771	0,925	0,886	0,985	0,655	0,977
Rz[μm]	7,533	5,877	8,841	5,959	13,562	5,874	7,170	6,669	6,123	7,023	7,463
Rt[μm]	12,381	9,380	14,312	8,161	20,770	10,326	11,104	11,783	8,569	10,698	11,748
MAT.5 f1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,599	0,966	1,125	1,150	0,781	1,274	2,063	1,062	1,169	0,988	1,218
Rz[μm]	11,215	7,827	7,296	11,023	5,545	10,172	14,474	7,112	10,432	9,879	9,498
Rt[μm]	22,521	16,297	10,695	13,063	1,553	20,502	24,606	16,018	13,063	10,999	14,932

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 5

MAT.5 f3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,452	5,370	5,373	6,047	5,613	5,384	5,635	5,451	5,413	6,030	5,577
Rz[μm]	24,123	23,119	23,133	24,600	23,595	23,780	23,523	23,775	23,429	24,908	23,799
Rt[μm]	27,682	26,793	26,764	32,962	27,183	25,978	26,923	27,006	27,643	31,615	28,055
MAT.5 f3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	6,270	5,538	5,425	5,646	5,317	6,258	5,439	5,523	5,128	5,078	5,562
Rz[μm]	26,492	23,783	22,757	23,440	22,374	25,404	24,209	23,335	23,578	23,147	23,852
Rt[μm]	32,297	26,316	25,984	26,500	25,153	34,939	26,318	27,759	26,821	26,934	27,902
MAT.5 f3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,265	5,515	5,491	5,272	5,368	5,690	5,423	5,640	5,589	5,622	5,488
Rz[μm]	23,079	23,434	23,704	22,781	23,635	24,049	23,046	24,732	24,022	23,687	23,617
Rt[μm]	26,550	28,395	28,275	24,603	27,049	30,509	26,108	29,817	28,598	29,154	27,906
MAT.5 f3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,803	5,320	5,468	5,425	5,459	5,859	5,321	5,438	5,412	5,736	5,524
Rz[μm]	27,118	22,160	23,855	23,472	23,185	26,089	21,923	23,449	23,587	27,410	24,225
Rt[μm]	31,854	23,898	25,846	26,026	26,099	31,590	23,369	25,595	26,154	27,689	26,812
MAT.5 f3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,475	5,532	5,253	5,399	5,574	5,595	5,246	5,436	5,102	5,324	5,394
Rz[μm]	22,832	23,849	22,353	22,557	23,525	23,945	22,374	22,638	23,512	23,004	23,059
Rt[μm]	27,678	27,617	24,447	25,892	27,773	28,417	26,432	24,631	27,071	27,114	26,707

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 6

MAT.6 vc1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,986	2,108	1,996	2,097	2,156	1,695	1,934	2,247	2,108	1,695	2,002
Rz[μm]	11,354	12,210	10,699	11,831	11,440	9,726	12,157	11,273	12,210	9,726	11,263
Rt[μm]	14,474	19,187	15,982	18,831	17,868	13,604	23,261	15,785	19,187	13,604	17,178
MAT.6 vc1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,940	2,573	2,945	3,316	2,503	2,868	2,909	2,324	2,573	3,316	2,827
Rz[μm]	14,651	15,369	15,232	17,338	13,648	15,627	15,714	12,905	15,369	17,338	15,319
Rt[μm]	21,669	24,632	19,738	23,546	22,352	24,936	21,769	18,269	24,632	23,546	22,509
MAT.6 vc1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,123	2,538	1,810	2,355	2,842	3,427	3,098	2,289	2,355	3,098	2,694
Rz[μm]	20,062	14,726	11,428	11,931	17,570	18,966	17,262	12,904	11,931	17,262	15,404
Rt[μm]	31,038	24,348	18,414	17,474	28,132	27,924	27,878	16,030	17,474	27,878	23,659
MAT.6 vc1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,735	2,493	2,428	4,428	2,881	2,915	2,512	2,235	2,493	2,881	2,800
Rz[μm]	15,258	13,216	13,504	24,833	16,328	16,128	12,706	13,200	13,216	16,328	15,472
Rt[μm]	21,352	23,331	18,424	36,451	22,435	24,485	16,308	19,132	23,331	22,435	22,768
MAT.6 vc1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,536	2,524	3,424	3,089	2,742	2,333	2,535	2,621	3,089	3,424	2,832
Rz[μm]	15,093	14,980	19,420	19,064	16,031	13,719	16,459	15,493	19,064	19,420	16,874
Rt[μm]	25,491	26,083	26,588	26,188	20,765	23,137	28,543	25,297	26,188	26,588	25,487

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 6

MAT.6 vc2	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,990	2,294	1,712	1,976	1,805	1,778	1,792	1,765	1,723	2,285	1,912
Rz[μm]	10,132	10,611	9,480	10,760	9,949	9,027	9,261	9,965	9,083	11,500	9,977
Rt[μm]	13,696	14,178	11,095	17,759	12,185	10,228	11,255	12,005	10,949	15,565	12,892
MAT.6 vc2	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,323	2,724	2,349	2,654	2,543	2,153	2,210	2,367	2,724	2,210	2,426
Rz[μm]	10,436	15,058	12,299	13,243	13,099	12,498	11,138	12,514	15,058	11,138	12,648
Rt[μm]	13,337	20,476	19,624	19,368	21,673	20,167	14,921	18,960	20,476	14,921	18,392
MAT.6 vc2	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,161	2,294	2,265	2,092	2,398	2,187	2,536	2,421	2,265	2,536	2,316
Rz[μm]	11,445	11,604	12,857	10,142	12,307	12,034	15,013	13,892	12,857	15,013	12,716
Rt[μm]	17,865	17,084	23,932	11,866	20,948	17,180	20,316	19,935	23,932	20,316	19,337
MAT.6 vc2	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,700	1,707	1,766	1,801	2,069	1,849	1,761	1,761	1,707	1,761	1,788
Rz[μm]	8,467	9,269	9,246	9,120	11,035	10,233	9,581	9,581	9,269	9,581	9,538
Rt[μm]	10,483	15,261	11,683	12,819	19,172	15,614	12,726	12,726	15,261	12,726	13,847
MAT.6 vc2	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,616	1,817	1,739	1,876	1,853	1,527	1,496	1,581	1,616	1,496	1,662
Rz[μm]	8,818	8,627	9,993	9,850	8,623	8,627	8,835	9,070	8,818	8,835	9,010
Rt[μm]	9,538	10,207	14,005	12,708	9,718	11,062	10,722	10,057	9,538	10,722	10,828

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 6

MAT.6 vc3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,676	1,625	1,718	1,684	1,696	1,690	1,631	1,688	1,625	1,631	1,666
Rz[μm]	8,585	8,662	8,493	8,157	8,625	8,801	8,271	8,292	8,662	8,271	8,482
Rt[μm]	9,657	10,499	10,998	9,262	9,943	11,666	9,233	9,163	10,499	9,233	10,015
MAT.6 vc3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,014	2,101	1,794	1,879	1,899	1,878	1,948	1,710	1,899	2,101	1,922
Rz[μm]	9,689	10,551	9,076	8,510	9,014	9,046	9,980	8,385	9,014	10,551	9,382
Rt[μm]	11,213	13,546	11,134	11,248	10,713	11,573	14,636	9,568	10,713	13,846	11,819
MAT.6 vc3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,748	1,821	1,639	2,069	1,736	1,981	1,652	1,785	2,069	1,652	1,815
Rz[μm]	9,349	10,091	7,961	11,007	9,150	9,853	8,283	8,853	11,007	8,283	9,384
Rt[μm]	11,671	17,582	9,186	18,379	12,752	12,749	10,448	10,742	18,379	10,448	13,234
MAT.6 vc3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,797	1,590	1,798	1,893	2,074	1,734	1,593	1,920	2,074	1,797	1,827
Rz[μm]	9,948	8,511	9,332	9,855	12,593	8,837	8,474	10,510	12,593	9,948	10,060
Rt[μm]	13,096	10,640	11,635	13,556	19,780	12,570	11,036	12,971	19,780	13,096	13,816
MAT.6 vc3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,529	1,569	1,574	2,518	1,431	1,557	1,571	1,470	1,574	1,431	1,622
Rz[μm]	7,134	7,994	9,016	7,386	8,093	7,398	7,152	8,714	9,016	8,093	8,000
Rt[μm]	7,725	11,073	11,999	7,925	10,161	8,021	8,095	13,321	11,999	10,161	10,048

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 6

MAT.6 f1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,616	0,693	2,086	2,377	1,082	2,180	1,565	2,086	0,693	2,180	1,656
Rz[μm]	12,134	6,361	14,351	14,843	8,864	16,898	11,222	14,039	6,361	16,898	12,197
Rt[μm]	18,479	11,761	20,112	23,942	13,817	22,331	16,506	21,746	11,761	22,331	18,279
MAT.6 f1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,297	2,104	1,560	1,176	1,853	2,001	1,387	1,858	2,104	1,176	1,652
Rz[μm]	9,401	13,809	10,919	9,000	11,580	11,764	8,643	10,391	13,809	9,000	10,832
Rt[μm]	20,712	24,494	14,721	13,715	16,315	13,769	10,630	13,714	24,494	13,715	16,628
MAT.6 f1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,392	1,085	1,543	1,428	1,454	1,936	2,058	1,132	1,543	1,936	1,651
Rz[μm]	13,842	8,598	8,792	9,691	10,463	11,416	13,603	8,851	8,792	11,416	10,546
Rt[μm]	20,759	15,476	10,927	13,579	15,213	16,862	24,049	13,573	10,927	16,862	15,823
MAT.6 f1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,151	2,057	2,336	1,058	1,957	1,791	1,186	1,122	2,057	1,957	1,667
Rz[μm]	8,979	13,752	15,415	7,881	12,266	11,587	8,070	9,130	13,752	12,266	11,310
Rt[μm]	14,572	20,353	21,218	13,280	15,982	16,383	15,903	12,058	20,353	15,982	16,608
MAT.6 f1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,102	1,958	1,743	0,990	1,206	1,486	0,761	1,949	1,206	1,949	1,435
Rz[μm]	8,191	13,078	13,900	7,592	7,661	10,252	5,580	12,890	7,661	12,890	9,970
Rt[μm]	12,378	20,809	31,578	11,097	9,192	12,298	8,722	15,197	9,192	15,197	14,566

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 6

MAT.6 f3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,169	5,525	6,061	5,281	6,059	5,210	5,674	5,349	5,281	5,210	5,482
Rz[μm]	21,179	23,076	23,802	22,224	25,301	22,048	23,094	23,017	22,224	22,048	22,801
Rt[μm]	22,717	28,792	33,571	25,364	31,272	23,840	25,497	26,461	25,364	23,840	26,672
MAT.6 f3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	6,187	5,429	5,600	5,320	5,576	5,321	5,970	5,404	5,173	5,725	5,571
Rz[μm]	25,438	23,786	23,819	22,472	22,899	22,765	25,176	24,066	21,219	23,450	23,509
Rt[μm]	31,456	27,433	29,188	24,120	25,790	26,278	29,494	26,397	22,513	25,892	26,856
MAT.6 f3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	4,997	5,116	5,053	5,248	5,294	5,224	5,060	5,160	5,116	5,224	5,149
Rz[μm]	20,646	21,964	21,215	22,065	22,551	22,376	21,560	21,153	21,964	22,376	21,787
Rt[μm]	21,458	24,002	22,758	22,953	23,574	26,797	22,806	22,502	24,002	26,797	23,765
MAT.6 f3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,285	5,173	6,102	5,730	5,361	5,459	5,237	5,927	5,361	5,237	5,487
Rz[μm]	22,914	22,678	26,305	25,199	23,350	23,240	22,316	24,023	23,350	22,316	23,569
Rt[μm]	24,881	24,924	30,574	36,109	27,243	24,952	25,370	29,534	27,243	25,370	27,620
MAT.6 f3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,358	5,247	5,685	5,604	5,306	5,394	5,897	5,366	5,604	5,897	5,536
Rz[μm]	23,547	21,837	24,435	23,636	22,390	24,119	24,513	22,899	23,636	24,513	23,553
Rt[μm]	25,669	24,182	29,176	26,055	24,385	27,111	27,192	25,609	26,055	27,192	26,263

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 7

MAT.7 vc1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,579	3,396	3,339	2,790	1,613	2,221	2,314	2,509	2,863	2,863	2,649
Rz[μm]	10,418	18,887	17,657	11,500	8,987	12,453	9,714	11,188	16,871	16,871	13,455
Rt[μm]	11,679	29,337	29,120	14,101	14,502	20,127	14,225	15,289	26,310	26,310	20,100
MAT.7 vc1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,708	1,872	1,929	3,707	2,810	2,112	2,245	1,749	2,070	4,204	2,541
Rz[μm]	16,179	11,942	10,313	14,948	13,380	9,424	10,142	10,579	9,065	25,652	13,162
Rt[μm]	29,092	24,443	17,431	21,320	17,496	13,022	14,397	20,416	11,749	42,466	21,183
MAT.7 vc1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,951	1,921	2,179	4,101	3,022	2,394	4,497	3,612	3,212	4,439	3,333
Rz[μm]	16,914	9,884	9,579	18,077	14,537	11,627	19,499	16,328	12,679	16,091	14,522
Rt[μm]	20,869	12,706	11,151	30,358	22,617	16,755	29,724	26,485	13,438	19,729	20,383
MAT.7 vc1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,672	3,268	2,950	3,466	3,294	2,852	4,200	3,724	2,963	5,405	3,779
Rz[μm]	27,410	18,126	11,497	16,351	16,329	12,504	20,072	20,887	12,919	30,890	18,699
Rt[μm]	32,644	26,096	12,946	25,979	26,696	16,677	28,463	25,484	16,868	37,490	24,934
MAT.7 vc1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,150	4,771	2,083	1,865	2,497	2,630	3,203	3,824	3,461	2,636	3,012
Rz[μm]	15,526	23,787	11,027	10,096	13,118	14,796	16,999	21,348	18,619	13,655	15,897
Rt[μm]	22,866	33,809	14,526	12,677	23,210	24,523	25,711	27,330	31,995	17,336	23,398

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 7

MAT.7 vc2	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,128	2,015	1,995	2,121	2,010	2,047	2,036	2,011	2,057	2,014	2,043
Rz[μm]	9,866	9,139	9,120	10,939	9,079	9,136	9,120	8,826	8,958	8,916	9,310
Rt[μm]	11,746	9,428	10,394	19,349	9,572	10,070	10,290	9,423	9,679	9,649	10,960
MAT.7 vc2	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,313	2,041	2,030	2,043	2,036	2,037	2,056	2,042	2,037	2,229	2,086
Rz[μm]	11,407	8,810	8,874	8,893	8,829	8,933	9,167	8,872	8,811	11,992	9,459
Rt[μm]	20,852	9,417	9,697	9,275	9,942	9,614	10,648	9,490	9,117	19,399	11,745
MAT.7 vc2	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,015	2,102	2,042	2,002	2,117	1,978	1,981	2,001	2,214	2,084	2,054
Rz[μm]	9,188	10,409	9,178	9,394	10,254	8,793	8,993	8,897	11,177	9,796	9,608
Rt[μm]	10,851	14,770	10,210	10,263	13,556	9,500	10,292	9,703	19,245	12,157	12,055
MAT.7 vc2	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,948	2,135	2,033	2,160	2,001	2,060	2,052	2,054	2,049	2,097	2,059
Rz[μm]	8,918	10,562	8,875	9,640	8,825	9,036	9,094	9,367	8,984	9,213	9,251
Rt[μm]	10,119	15,975	9,245	13,065	9,265	9,594	9,821	10,142	9,690	10,446	10,736
MAT.7 vc2	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,064	1,996	2,082	1,942	1,962	2,027	2,116	1,995	1,973	2,029	2,019
Rz[μm]	9,854	9,269	10,277	8,761	8,921	9,183	10,536	8,937	8,818	9,356	9,391
Rt[μm]	12,797	11,207	16,260	9,563	9,510	9,963	16,194	9,816	9,332	10,469	11,511

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 7

MAT.7 vc3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,216	2,283	2,197	2,218	2,198	2,110	2,153	2,170	2,265	2,113	2,192
Rz[μm]	10,431	11,117	9,756	9,724	9,614	9,159	9,834	9,821	10,443	9,162	9,906
Rt[μm]	15,266	13,384	12,290	11,908	12,555	10,631	12,998	11,408	16,356	9,567	12,636
MAT.7 vc3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,138	2,115	2,241	2,187	2,438	2,429	2,262	2,251	2,199	2,210	2,247
Rz[μm]	9,779	9,221	10,055	10,041	12,459	13,368	9,807	10,722	9,857	9,784	10,509
Rt[μm]	10,634	9,773	13,588	12,392	19,617	28,673	12,308	16,697	11,630	13,095	14,841
MAT.7 vc3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,185	2,200	2,122	2,013	2,137	2,198	2,264	2,175	2,149	2,997	2,244
Rz[μm]	10,491	10,048	9,174	9,139	9,150	9,936	11,145	9,677	9,263	16,041	10,406
Rt[μm]	15,257	12,410	9,837	9,818	9,612	12,718	17,958	11,129	9,696	33,907	14,234
MAT.7 vc3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,142	2,164	2,280	2,117	2,139	2,419	2,150	2,401	2,219	2,114	2,215
Rz[μm]	9,292	9,289	10,880	9,452	9,516	12,365	9,455	12,640	10,287	9,186	10,236
Rt[μm]	9,934	10,179	13,722	9,938	10,339	22,979	10,280	19,054	14,013	10,152	13,059
MAT.7 vc3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,089	2,181	2,119	2,179	2,154	2,167	2,120	2,103	2,147	2,181	2,144
Rz[μm]	9,333	9,626	9,516	9,748	9,587	9,663	9,152	9,144	9,633	9,848	9,525
Rt[μm]	10,750	11,426	10,359	12,410	13,176	13,227	10,099	9,566	10,756	12,973	11,474

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 7

MAT.7 f1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,536	0,519	0,476	0,577	0,854	0,592	0,478	0,410	0,640	0,550	0,563
Rz[μm]	4,069	2,845	2,778	4,693	6,074	4,869	2,682	2,574	3,869	3,822	3,828
Rt[μm]	7,728	4,053	3,728	8,049	17,364	7,289	3,162	2,995	9,544	5,764	6,968
MAT.7 f1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,583	0,427	0,496	0,502	0,583	0,654	0,643	0,447	0,486	0,713	0,553
Rz[μm]	4,458	3,112	2,989	2,607	3,885	5,792	4,851	2,348	2,763	5,405	3,821
Rt[μm]	7,307	5,832	3,225	2,924	4,778	7,169	8,636	2,840	3,577	8,754	5,504
MAT.7 f1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,372	0,444	0,469	0,360	0,563	0,503	0,459	0,438	0,429	0,326	0,436
Rz[μm]	2,107	2,553	2,806	2,023	3,640	3,734	2,812	2,570	2,818	2,184	2,725
Rt[μm]	2,556	3,066	3,401	2,513	5,980	7,834	3,504	2,752	4,281	3,088	3,898
MAT.7 f1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,352	0,479	0,465	0,518	0,533	0,473	0,487	0,519	0,500	0,440	0,477
Rz[μm]	2,368	3,448	3,150	3,700	3,658	2,782	3,040	3,432	3,657	2,432	3,167
Rt[μm]	2,692	5,860	5,080	7,727	6,516	3,500	4,401	5,044	6,072	2,919	4,981
MAT.7 f1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	0,398	0,359	0,459	0,608	0,482	0,431	0,423	0,425	0,446	0,442	0,447
Rz[μm]	2,563	2,492	2,939	4,399	3,122	2,781	2,808	2,699	2,903	3,162	2,987
Rt[μm]	3,357	3,453	4,036	8,526	4,363	3,793	3,557	3,181	3,476	4,402	4,214

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 7

MAT.7 f3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,367	5,387	2,292	5,295	5,397	5,337	5,367	5,380	5,339	5,396	5,056
Rz[μm]	21,222	21,231	21,189	21,291	21,659	21,639	21,432	21,388	21,246	21,392	21,369
Rt[μm]	22,086	22,023	21,959	22,376	22,898	22,946	22,148	22,309	22,028	22,649	22,342
MAT.7 f3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,531	5,590	5,692	5,647	5,604	5,617	5,563	5,625	5,609	5,697	5,618
Rz[μm]	22,039	22,659	22,159	22,228	22,307	21,991	21,908	21,903	21,951	22,538	22,168
Rt[μm]	23,255	24,690	23,169	23,209	23,382	22,806	22,771	22,556	23,044	24,426	23,331
MAT.7 f3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,405	5,323	5,286	5,216	5,272	5,223	5,253	5,283	5,389	5,283	5,293
Rz[μm]	21,750	21,398	21,152	21,188	21,215	20,953	21,270	21,180	21,054	20,581	21,174
Rt[μm]	22,680	22,771	22,197	22,257	22,023	22,186	22,412	21,929	21,908	21,495	22,186
MAT.7 f3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,453	5,465	5,468	5,379	5,441	5,564	5,538	5,524	5,498	5,422	5,475
Rz[μm]	22,453	21,867	21,906	21,124	21,741	21,759	21,642	22,109	22,789	21,397	21,879
Rt[μm]	23,534	22,577	23,277	22,435	22,255	23,587	22,792	24,495	25,397	22,919	23,327
MAT.7 f3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,567	5,667	5,647	5,570	5,616	5,775	5,616	5,730	5,754	5,674	5,662
Rz[μm]	22,059	22,111	22,115	22,086	22,339	22,453	22,017	22,076	22,616	22,322	22,219
Rt[μm]	24,685	22,862	23,099	23,151	23,807	23,007	22,747	22,828	23,568	22,747	23,250

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 8

MAT.8 vc1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,317	2,867	2,934	2,858	3,678	2,660	3,745	2,241	2,901	2,817	3,002
Rz[μm]	18,863	16,073	16,920	16,723	20,731	15,256	20,322	12,821	16,212	15,456	16,938
Rt[μm]	30,017	27,004	26,603	25,800	25,988	19,651	30,112	19,354	25,532	25,729	25,579
MAT.8 vc1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	3,218	2,266	2,759	3,793	3,650	3,400	5,098	2,646	3,830	2,430	3,309
Rz[μm]	16,085	12,325	17,740	18,879	20,427	20,300	24,759	15,367	21,882	17,021	18,479
Rt[μm]	34,120	15,189	31,831	24,773	34,823	30,508	31,795	25,048	31,125	27,211	28,642
MAT.8 vc1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	4,273	3,641	4,051	4,356	4,199	4,757	3,863	3,995	3,931	3,798	4,086
Rz[μm]	20,920	18,797	20,488	22,140	21,417	23,212	22,437	20,818	21,921	20,001	21,215
Rt[μm]	31,727	30,860	26,978	29,520	28,854	34,721	30,099	24,557	28,732	31,210	29,726
MAT.8 vc1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,845	3,222	3,469	3,453	3,785	3,613	3,277	3,574	4,109	3,418	3,477
Rz[μm]	16,934	17,493	19,870	17,401	24,751	20,497	17,753	19,535	21,875	20,817	19,693
Rt[μm]	23,427	26,016	31,653	25,139	44,030	29,663	26,970	25,777	43,709	33,678	31,006
MAT.8 vc1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,700	3,274	3,299	3,172	3,614	2,179	3,199	3,013	3,094	3,163	3,071
Rz[μm]	16,886	21,166	18,329	18,355	19,930	13,941	17,440	17,249	16,234	16,713	17,624
Rt[μm]	22,294	39,467	23,843	23,773	30,459	18,499	22,042	21,799	19,859	22,549	24,458

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 8

MAT.8 vc2	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,182	2,492	2,136	2,268	2,352	2,052	2,387	2,219	2,295	2,190	2,257
Rz[μm]	11,155	13,366	10,243	10,848	11,820	9,865	13,118	12,288	12,168	10,783	11,565
Rt[μm]	14,345	15,134	11,774	13,002	14,088	12,108	15,272	15,707	17,681	13,656	14,277
MAT.8 vc2	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,205	2,164	1,904	2,004	2,079	2,441	2,054	2,009	2,089	2,700	2,165
Rz[μm]	10,703	11,324	10,255	9,823	10,176	14,063	10,302	10,606	10,873	12,344	11,047
Rt[μm]	13,626	14,150	12,486	12,575	11,888	16,021	11,878	12,039	13,265	16,741	13,467
MAT.8 vc2	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,396	2,432	2,226	2,150	2,277	2,518	2,426	2,448	2,262	2,174	2,331
Rz[μm]	11,649	12,749	10,997	14,318	11,279	11,790	11,778	10,954	11,777	10,848	11,814
Rt[μm]	13,038	16,149	12,264	15,409	13,307	12,933	13,957	11,941	15,601	12,754	13,735
MAT.8 vc2	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,349	2,334	1,988	2,250	2,413	2,128	2,172	2,387	2,249	1,990	2,226
Rz[μm]	12,868	11,686	10,233	10,990	12,111	11,563	11,262	11,996	11,591	10,087	11,439
Rt[μm]	15,113	14,292	11,610	12,481	14,465	14,156	14,289	15,326	15,022	12,275	13,903
MAT.8 vc2	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	2,213	2,352	2,187	2,245	2,134	2,548	2,225	2,451	2,181	2,236	2,277
Rz[μm]	11,009	11,033	11,369	11,348	10,623	11,565	11,230	12,088	11,248	10,898	11,241
Rt[μm]	13,167	12,655	13,788	12,333	12,068	15,593	12,701	16,712	13,218	12,255	13,449

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 8

MAT.8 vc3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,968	1,972	2,164	2,068	2,178	2,295	1,931	1,887	2,051	1,863	2,038
Rz[μm]	9,401	9,615	11,122	11,087	10,796	9,922	10,154	9,876	10,601	9,476	10,205
Rt[μm]	10,614	11,058	14,406	13,611	14,928	12,155	13,824	13,873	13,773	10,480	12,872
MAT.8 vc3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,796	1,836	1,804	1,796	1,990	2,047	1,936	1,961	1,865	2,070	1,910
Rz[μm]	9,183	9,131	9,074	9,016	10,021	10,136	10,529	10,286	9,843	11,022	9,824
Rt[μm]	10,548	10,447	10,060	9,947	12,726	11,715	14,909	14,163	11,909	13,889	12,031
MAT.8 vc3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,794	1,836	1,987	1,909	1,929	1,775	1,945	1,876	1,862	1,814	1,873
Rz[μm]	9,861	10,090	10,364	9,870	9,841	8,670	10,053	9,970	9,364	9,316	9,740
Rt[μm]	11,846	13,751	13,628	13,862	10,773	9,645	11,228	12,793	11,881	10,113	11,952
MAT.8 vc3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,783	1,968	1,965	1,902	1,858	1,825	1,831	1,878	1,838	2,026	1,887
Rz[μm]	9,612	11,018	10,468	9,808	9,335	9,920	10,197	9,762	9,917	10,922	10,096
Rt[μm]	11,464	13,301	13,564	11,839	11,077	10,835	13,611	11,461	12,034	11,916	12,110
MAT.8 vc3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,588	1,729	1,769	1,763	1,785	1,749	1,736	1,911	1,801	1,837	1,767
Rz[μm]	8,012	9,501	9,342	9,187	9,407	9,013	9,523	11,067	9,520	9,906	9,448
Rt[μm]	8,942	10,948	10,518	10,573	10,571	11,495	10,916	13,750	10,266	12,556	11,054

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 8

MAT.8 f1	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,001	0,846	1,263	1,062	0,983	1,164	0,943	1,212	1,486	0,935	1,090
Rz[μm]	7,807	5,106	8,929	7,289	7,710	8,525	8,497	7,155	11,486	7,064	7,957
Rt[μm]	14,108	6,096	15,043	13,242	12,072	11,711	14,339	11,446	17,645	12,905	12,861
MAT.8 f1	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,214	1,185	1,188	1,107	0,953	1,142	1,149	1,159	1,342	1,198	1,164
Rz[μm]	9,625	7,041	9,870	8,030	7,347	7,420	7,847	8,253	9,745	8,417	8,360
Rt[μm]	15,971	11,220	13,054	13,916	10,655	8,839	10,374	13,449	13,312	11,449	12,224
MAT.8 f1	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,318	1,336	1,207	0,883	1,286	1,115	1,117	1,163	1,359	0,826	1,161
Rz[μm]	9,513	10,357	8,807	7,165	9,818	7,307	8,377	8,870	9,751	5,873	8,584
Rt[μm]	17,665	16,745	12,122	11,257	15,312	9,684	12,285	11,169	14,117	7,710	12,807
MAT.8 f1	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,317	1,225	0,934	1,489	1,284	1,510	1,208	1,055	1,343	1,190	1,256
Rz[μm]	8,036	9,826	5,864	9,306	9,048	9,283	8,329	7,702	9,525	9,620	8,654
Rt[μm]	10,261	13,962	8,639	14,760	13,944	15,075	12,312	11,543	19,006	13,023	13,253
MAT.8 f1	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	1,339	1,262	0,991	1,125	1,647	1,129	0,945	1,086	1,181	1,287	1,199
Rz[μm]	8,390	8,374	6,297	6,262	10,013	7,762	6,721	7,167	7,976	7,968	7,693
Rt[μm]	15,170	11,060	7,115	7,773	13,827	11,362	9,129	9,457	13,458	11,685	11,004

Naměřené hodnoty parametrů drsnosti povrchu pro vzorek č. 8

MAT.8 f3	Měření č.1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	6,245	5,928	6,671	6,525	6,017	5,848	6,757	6,514	5,955	5,875	6,234
Rz[μm]	25,665	25,123	27,825	26,652	24,866	24,749	27,524	24,999	23,958	24,572	25,593
Rt[μm]	29,832	26,617	32,128	32,683	27,248	26,477	35,223	33,314	26,236	27,511	29,727
MAT.8 f3	Měření č.2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,871	5,862	6,283	6,990	6,100	5,763	5,887	5,860	5,942	5,973	6,053
Rz[μm]	23,791	24,577	25,742	28,438	25,219	23,740	23,592	24,228	24,492	23,924	24,774
Rt[μm]	24,710	26,920	30,419	33,946	27,845	25,311	25,213	26,015	27,122	25,729	27,323
MAT.8 f3	Měření č.3										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	5,808	5,741	7,545	7,755	6,498	5,781	5,948	7,428	7,081	5,924	6,551
Rz[μm]	24,524	24,816	31,943	31,073	27,298	25,039	24,004	28,306	28,527	25,547	27,108
Rt[μm]	26,809	26,889	45,803	43,077	33,833	28,309	26,797	33,769	36,823	30,223	33,233
MAT.8 f3	Měření č.4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	6,125	5,773	6,562	6,507	6,068	5,708	5,986	5,775	5,858	6,359	6,072
Rz[μm]	24,944	23,265	25,924	27,251	24,850	23,194	24,323	24,084	24,495	25,975	24,831
Rt[μm]	27,941	25,308	30,566	30,109	25,801	25,277	26,552	26,848	25,967	30,532	27,490
MAT.8 f3	Měření č.5										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr
Ra[μm]	6,233	6,253	6,004	5,652	5,735	5,999	6,068	5,769	6,134	6,133	5,998
Rz[μm]	26,059	29,931	25,900	22,266	23,386	24,808	24,837	24,212	24,949	26,182	25,253
Rt[μm]	29,748	27,248	26,764	23,458	24,837	27,104	27,958	27,282	28,501	28,760	27,166

Příloha E - Naměřené hodnoty parametrů mechanických vlastností pro jednotlivé materiály.

STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

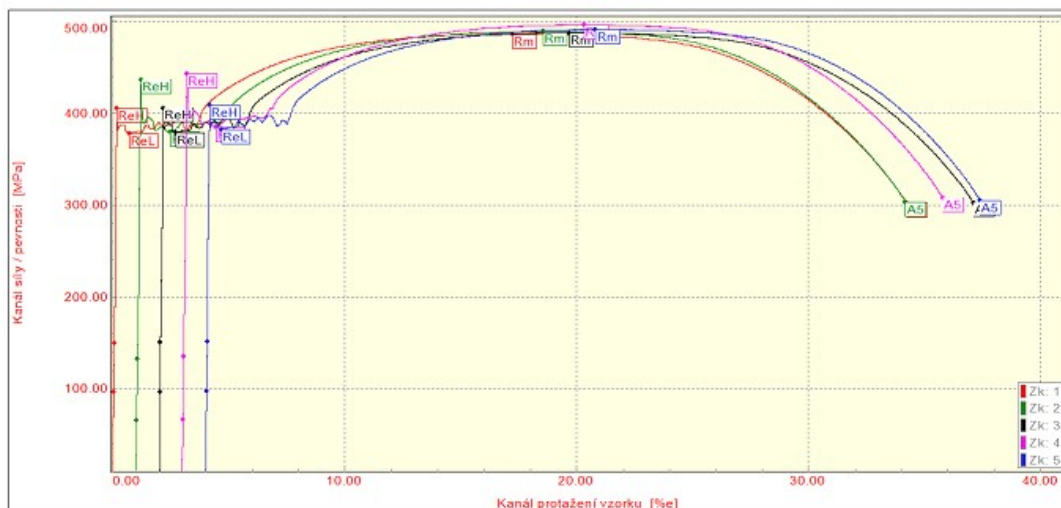
EN ISO 6892-1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál : Materiál 1
 Norma : P265GH
 Rozměry vzorku : průměr 8 mm
 Směr odebrání :
 Rychlost deformace : 1 mm/min.
 Vypracoval : Ing. Petra Pulíčková

VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
t1.1	8.05	377.8	404.7	486.4	34.09	17.02
t1.2	8.05	379.0	436.5	489.1	33.03	17.29
t1.3	8.04	378.7	405.7	487.5	34.96	17.46
t1.4	7.99	384.7	443.1	496.5	32.62	17.08
t1.5	8.01	381.6	408.8	491.3	33.26	16.61

Statistika	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
Počet zkoušek	5	5	5	5	5	5
Průměrná hodnota	8.03	380.3	419.7	490.2	33.59	17.09
Směrodatná odchylka	0.03	2.8	18.5	4.0	0.93	0.32
Minimální hodnota	7.99	377.8	404.7	486.4	32.62	16.61
Maximální hodnota	8.05	384.7	443.1	496.5	34.96	17.46



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie

STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

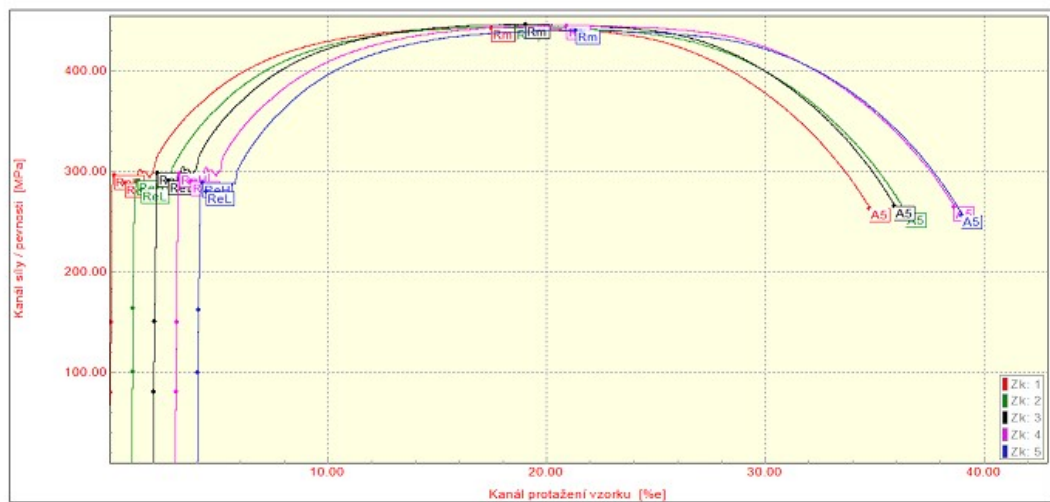
EN ISO 6892-1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál : Materiál 2
Norma : F265GH
Rozměry vzorku : průměr 8 mm
Směr odebrání :
Rychlost deformace : 1 mm/min.
Vypracoval : Ing. Petra Pulíčková

VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
T1.1	8.06	288.4	296.5	443.1	34.65	17.27
T1.2	7.98	291.9	290.4	443.7	35.33	17.37
T1.3	8.03	290.6	298.7	446.4	33.80	16.85
T1.4	8.04	289.8	298.0	445.3	35.54	17.71
T1.5	8.01	279.8	288.3	440.4	34.89	17.15

Statistika	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
Počet zkoušek	5	5	5	5	5	5
Průměrná hodnota	8.02	286.1	294.4	443.8	34.84	17.27
Směrodatná odchylka	0.03	4.9	4.7	2.3	0.68	0.31
Minimální hodnota	7.98	279.8	288.3	440.4	33.80	16.85
Maximální hodnota	8.06	290.6	298.7	446.4	35.54	17.71



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra strojírenské technologie

STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

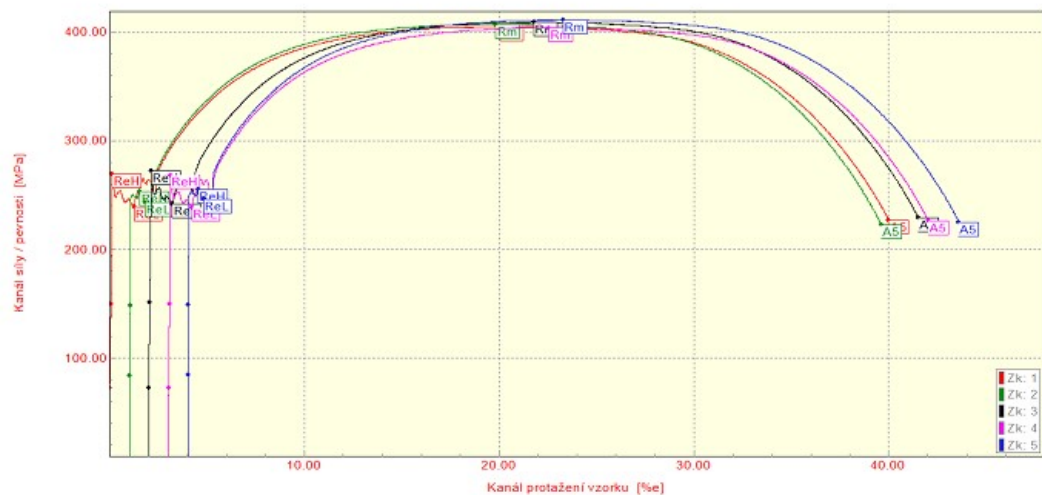
EN ISO 6892-1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál : Materiál 3
 Norma : P265GH
 Rozměry vzorku : průměr 8 mm
 Směr odebrání :
 Rychlost deformace : 1 mm/min.
 Vypracoval : Ing. Petra Pulíčková

VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
11.1	8.13	239.2	269.1	405.0	39.88	19.84
11.2	8.12	243.4	252.8	407.2	39.52	18.68
11.3	8.09	241.6	271.8	409.0	39.39	19.59
11.4	8.14	238.7	268.5	404.0	38.91	19.35
11.5	8.08	245.8	255.3	411.2	39.51	19.16

Statistika	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
Počet zkoušek	5	5	5	5	5	5
Průměrná hodnota	8.11	241.7	263.5	407.3	39.24	19.32
Směrodatná odchylka	0.03	3.0	8.8	2.9	0.63	0.44
Minimální hodnota	8.08	238.7	252.8	404.0	38.91	18.68
Maximální hodnota	8.14	245.8	271.8	411.2	39.88	19.84



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie

STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

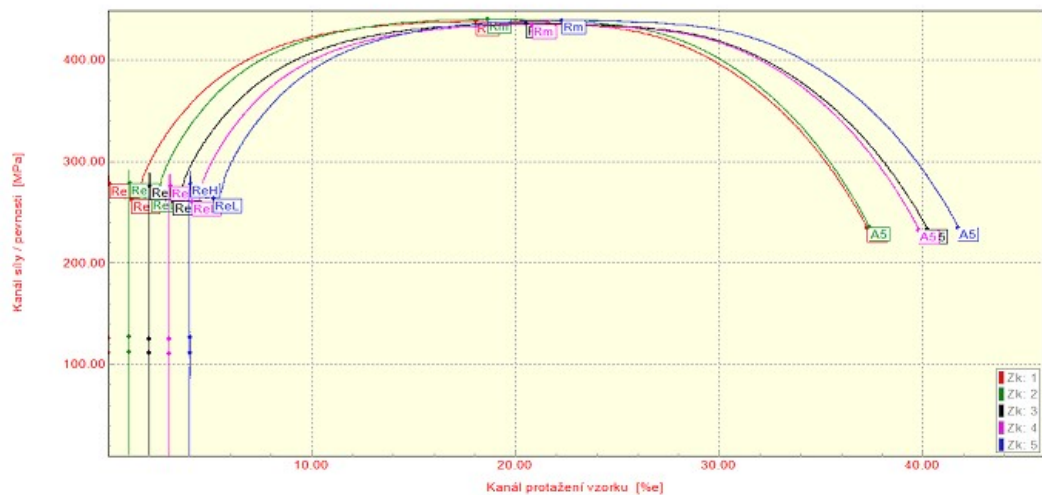
EN ISO 6892-1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál : Materiál 4
 Norma : P266GH
 Rozměry vzorku : průměr 8 mm
 Směr odebrání :
 Rychlost deformace : 1 mm/min.
 Vypracoval : Ing. Petra Pulíčková

VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
T1.1	8.04	262.5	277.3	438.4	37.26	18.03
T1.2	8.02	263.8	278.7	440.6	36.35	17.59
T1.3	8.06	261.2	276.0	436.2	38.22	18.60
T1.4	8.07	260.5	275.3	435.1	36.80	17.81
T1.5	8.03	263.1	278.0	439.5	37.73	18.26

Statistika	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
Počet zkoušek	5	5	5	5	5	5
Průměrná hodnota	8.04	262.2	277.1	438.0	37.27	18.04
Směrodatná odchylka	0.02	1.4	1.4	2.3	0.74	0.36
Minimální hodnota	8.02	260.5	275.3	435.1	36.35	17.59
Maximální hodnota	8.07	263.8	278.7	440.6	38.22	18.60



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie

STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

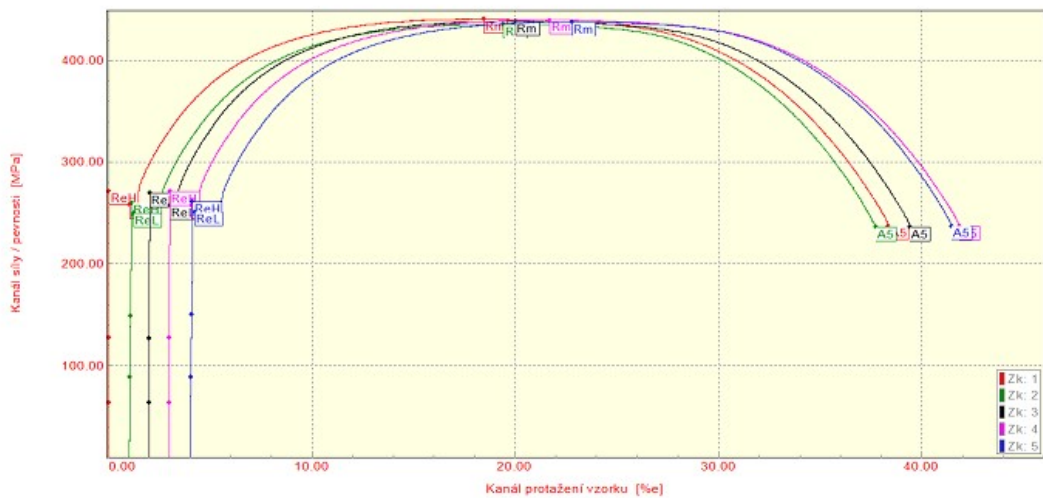
EN ISO 6892-1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál : Materiál 5
Norma : P255GH
Rozměry vzorku : průměr 8 mm
Směr odebrání :
Rychlost deformace : 1 mm/min.
Vypracoval : Ing. Petra Pulíčková

VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
T1.1	8.00	258.4	271.4	440.9	38.35	18.46
T1.2	8.04	249.9	259.9	435.8	36.61	18.21
T1.3	8.02	257.1	270.1	438.7	37.42	18.01
T1.4	8.01	257.8	270.8	439.8	38.84	18.69
T1.5	8.02	251.2	251.2	438.0	37.35	18.58

Statistika	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
Počet zkoušek	5	5	5	5	5	5
Průměrná hodnota	8.02	254.9	266.7	438.6	37.72	18.39
Směrodatná odchylka	0.01	4.0	5.6	1.9	0.88	0.28
Minimální hodnota	8.00	249.9	259.9	435.8	36.61	18.01
Maximální hodnota	8.04	258.4	271.4	440.9	38.84	18.69



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra strojírenské technologie

STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

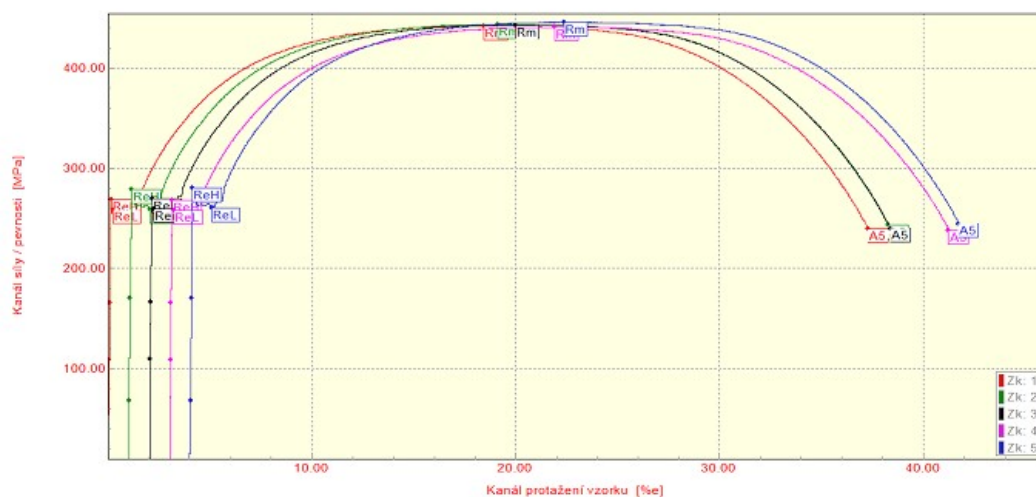
EN ISO 6892-1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál : Materiál 6
Norma : P265GH
Rozměry vzorku : průměr 8 mm
Směr odebrání :
Rychlost deformace : 1 mm/min.
Vypracoval : Ing. Petra Pulíčková

VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
Tl 1	8.04	258.7	259.0	442.2	37.16	18.20
Tl 2	8.03	259.0	278.9	443.8	37.14	17.92
Tl 3	8.03	259.4	259.6	443.3	36.25	17.76
Tl 4	8.05	258.1	268.3	441.1	38.11	18.67
Tl 5	8.01	260.3	280.3	446.0	37.61	18.15

Statistika	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
Počet zkoušek	5	5	5	5	5	5
Průměrná hodnota	8.03	259.1	273.2	443.3	37.26	18.14
Směrodatná odchylka	0.01	0.8	5.9	1.8	0.69	0.34
Minimální hodnota	8.01	258.1	268.3	441.1	36.25	17.76
Maximální hodnota	8.05	260.3	280.3	446.0	38.11	18.67



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie

STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

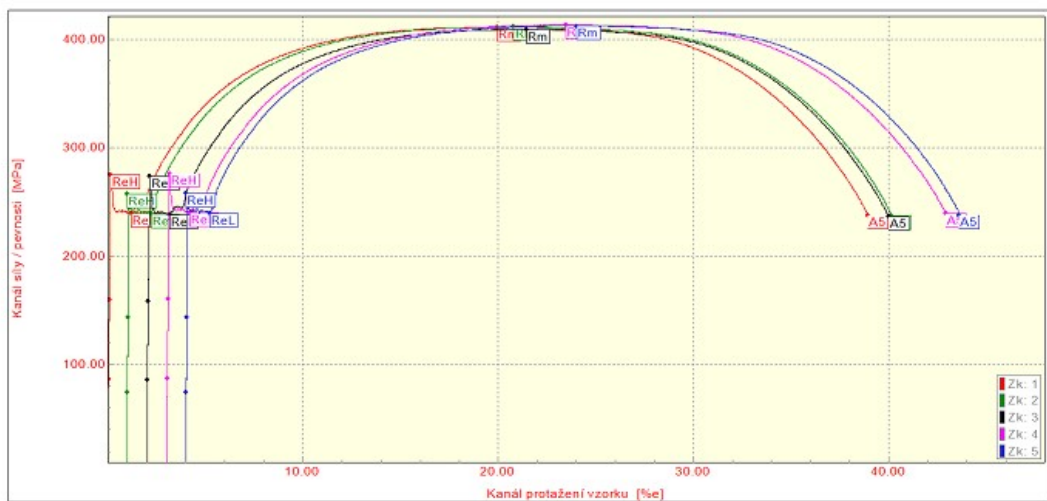
EN ISO 6892-1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál : Materiál 7
 Norma : P265GH
 Rozměry vzorku : průměr 8 mm
 Směr odebrání :
 Rychlost deformace : 1 mm/min.
 Vypracoval : Ing. Petra Pulíčková

VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
Tl 1	8.02	239.3	274.9	411.1	38.81	19.74
Tl 2	8.06	238.4	257.4	411.3	39.08	19.71
Tl 3	8.04	238.1	273.5	409.0	37.87	19.26
Tl 4	8.00	240.5	276.3	413.1	39.81	20.25
Tl 5	8.05	239.0	258.0	412.3	39.58	19.96

Statistika	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
Počet zkoušek	5	5	5	5	5	5
Průměrná hodnota	8.03	239.1	268.0	411.4	39.03	19.79
Směrodatná odchylka	0.02	0.9	9.5	1.5	0.76	0.36
Minimální hodnota	8.00	238.1	257.4	409.0	37.87	19.26
Maximální hodnota	8.06	240.5	276.3	413.1	39.81	20.25



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie

STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

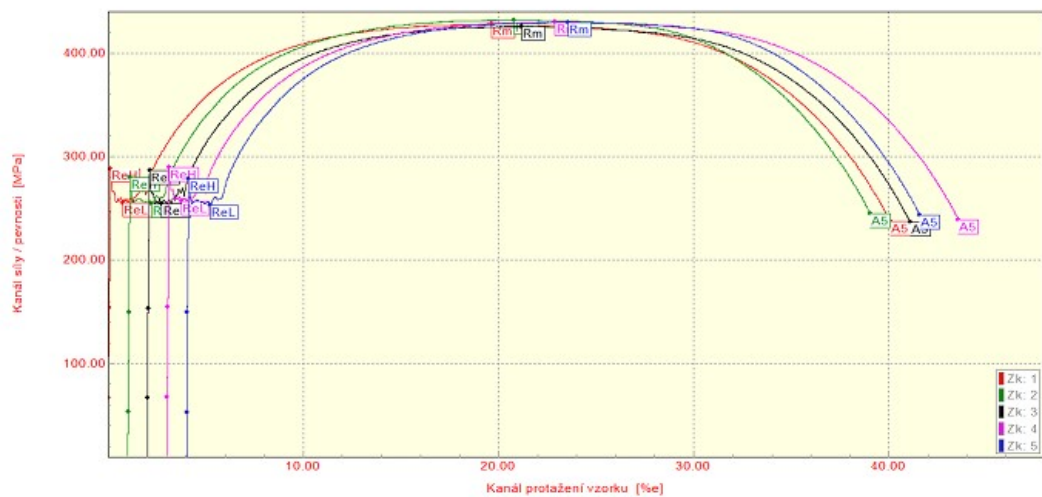
EN ISO 6892-1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál : Materiál 8
Norma : P255GH
Rozměry vzorku : průměr 8 mm
Směr odebrání :
Rychlost deformace : 1 mm/min.
Vypracoval : Ing. Petra Pulíčková

VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
Tl 1	7.97	255.3	288.1	427.4	39.97	19.49
Tl 2	7.98	254.3	279.6	431.5	37.93	19.62
Tl 3	7.99	254.0	286.7	425.3	39.00	19.02
Tl 4	7.95	256.5	289.6	429.6	40.48	19.74
Tl 5	7.98	253.0	278.2	429.4	37.46	19.38

Statistika	D0 mm	ReL MPa	ReH MPa	Rm MPa	A5 %	Ag %
Počet zkoušek	5	5	5	5	5	5
Průměrná hodnota	7.97	254.6	284.4	428.7	38.97	19.45
Směrodatná odchylka	0.02	1.3	5.2	2.4	1.29	0.28
Minimální hodnota	7.95	253.0	278.2	425.3	37.46	19.02
Maximální hodnota	7.99	256.5	289.6	431.5	40.48	19.74



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra strojírenské technologie