

Hodnotenie kvality povrchu repliky výrobku

Bc. Boris Svítok

Diplomová práca
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Boris SVÍTOK**
Osobní číslo: **T10972**
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Řízení jakosti**

Téma práce: **Hodnocení jakosti replik povrchů bezkontaktním způsobem**

Zásady pro vypracování:

Teoretická část:

1. Podľa príslušných CSN EN ISO noriem definujte základné pojmy v oblasti hodnotenia kvality povrchov
2. Popíšte spôsoby snímania kvality povrchu (so zameraním na bezkontaktné spôsoby)
3. Popíšte informácie o snímacoch snímacoch kvality povrchu
4. Popíšte spôsoby skenovania replik
5. Vyhľadajte a popíšte vhodnú matematickú-štatistickú metódu pre hodnotenie kvality povrchu.

Praktická časť:

1. Vykonať správne nastavenie snímaca
2. Vykonať správne upnutie repliky
3. Nasnímať repliku
4. Použiť vhodnú matematicko - štatistickú metódu pre hodnotenie kvality povrchu

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Norma ČSN EN ISO 4287

2. V. Chudý, R. Pálencár a kol.: Meranie technických veličín

3. M. Kreidl, R. Šmíd: Technická diagnostika

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr. Ing. Vladimír Pata

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

13. února 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

18. května 2012

Ve Zlíně dne 2. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému,
- na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²;
- podle § 60³ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;

¹ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

- (1) Vysoká škola nevydělčně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.
- (2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.
- (3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

² zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

- (3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

- (1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

- podle § 60⁴ odst. 2 a 3 mohou užít své dílo –diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Prohlašuji, že:

- jsem diplomovou práci zpracoval/a samostatně a použité informační zdroje jsem citoval/a;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahaná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 24.04. 2012.

Uvářel

⁴ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cieľom diplomovej práce bola analýza 2D a 3D snímačov. Popis spôsobov snímania kvality povrchu. Kontaktné a bezkontaktné spôsoby snímania. Nasnímanie povrchu repliky polymérneho výrobku a povrchu formy. Úlohou teoretickej časti bola analýza pojmov a termínov potrebných pre objasnenie tejto problematiky. V ďalšej časti som sa zameril na predstavenie bezkontaktného snímača firmy Taylor&Hobson TALYSURF CLI 500. V praktickej časti som sa zameril na nasnímanie požadovaných plôch v rozmere 4 x 4 mm, štatistickým spracovaním dát a vyhodnotením použitím tabuliek, grafov.

Kľúčové slová:

Kontaktné snímače, bezkontaktné snímače, analýza dát, polymérny výrobok, plocha, snímanie.

ABSTRACT

The aim of this thesis is analysis of 2D and 3D sensors. Description of methods of scanning the surface quality. Contact and contactless methods of scanning. Scanning of the surface of polymer product and form surface. The main target of literature review is analysis of concept and terms needed for explanation of this issue. Next part is focused on description of contactless sensor produced by Taylor & Hobson TALYSURF CLI 500. Methodology consists of scanning of required surfaces, sized 4x4 mm, statistically processed data and evaluation of results by charts and graphs.

Keywords:

Contact sensors, contactless sensors, data analysis, polymer product, surface, scanning.

Pod'akovanie

Touto cestou vyslovujem poďakovanie doc. Dr. Ing. Vladimírovi Patovi a Technologickej fakulte Univerzity Tomáša Baťu v Zlíne, ktorá mi umožnila v areály školy zrealizovať merania a túto tému odborne spracovať a vyhodnotiť.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 ANALÝZA ZÁKLADNÝCH POJMOV V OBLASTI HODNOTENIA KVALITY POVRCHOV:.....	12
1.1 VŠEOBECNÁ DEFINÍCIA POJMOV:	12
1.1.1 Normy zaoberajúce sa kvalitou povrchu:.....	12
1.1.2 Všeobecné technické pojmy.....	13
1.1.3 Typy geometrických parametrov	16
1.2 DEFINÍCIE PARAMETROV PROFILU POVRCHU	18
1.2.1 Výškové parametre – výstupky a priehlbiny.....	18
1.2.2 Výškové parametre – priemerné hodnoty súradníc.....	21
1.2.3 Dĺžkové rozmery	22
1.2.4 Tvarové parametre	22
1.2.5 Krivky a zodpovedajúce parametre.....	22
1.3 ODHADOVANIE PARAMETROV	23
1.4 PRAVIDLÁ PRE POROVNÁVANIE MERANÝCH HODNÔT S TOLERANČNÝMI MEDZAMI.....	25
1.5 HODNOTENIE PARAMETROV	26
1.5.1 Všeobecné hodnotenie	26
1.5.2 Parametre profilu drsnosti	27
1.6 PRAVIDLÁ A POSTUPY PRE KONTROLU DOTYKOVÝMI PRÍSTROJMI.....	27
1.6.1 Základné pravidlá pre určenie medznej vlnovej dĺžky cut-off pre meranie parametrov profilu drsnosti.	27
1.6.2 Meranie parametrov profilu drsnosti.....	27
1.7 VYTVÁRANIE POVRCHOV	30
1.8 VZNIK NOVÉHO POVRCHU A JEHO FYZIKÁLNA PODSTATA	31
1.9 OBROBITEĽNOSŤ MATERIÁLOV S OHLADOM NA DRSNOSŤ POVRCHU	32
1.10 SPRACOVANIE PLASTICKÝCH HMÔT:	32
1.11 OBRÁBANIE PLASTICKÝCH HMÔT	36
2 MERANIE NA TALYSURF CLI 500	40
2.1 POPÍSANIE SNÍMAČA	40
2.2 PREPOJENIE A NASTAVENIE SNÍMAČA CLI 500.....	41
2.3 SPRACOVÁVANIE DÁT POMOCOU TALYMAP GOLD	42
II PRAKTICKÁ ČÁST	43
3 ÚLOHA	44
4 SNÍMANIE.....	45
4.1 POSTUP PRI SNÍMANÍ.....	45
4.2 POSTUP SPRACOVÁVANIA ÚDAJOV V SOFTWARE TALYMAP GOLD.....	46
5 VYHODNOTENIE NAMERANÝCH A SPRACOVANÝCH DÁT.....	59
ZÁVER	67
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....	69
ZOZNAM OBRAZKOV	71

ZOZNAM TABULIEK	73
ZOZNAM VZORCOV	74
ZOZNAM PRÍLOH.....	75

ÚVOD

Hodnotenie kvality povrchu repliky napomáha k zvyšovaniu kvality výroby, k znižovaniu chybovosti výrobkov. Napomáha aj k ďalšiemu vývoju výrobku, či ide o dizajnovú stránku, alebo o stránku funkčnosti. Ďalším miestom, kde sa dá využiť postup hodnotenia je kontrola postupu výroby. V mnohých prípadoch sa dá predĺžiť životnosť strojov a nástrojov hlbším skúmaním výrobných postupov a metód. Mimo iného, tiež podáva informáciu výrobcovi o kvalite, z čoho sa dá vychádzať pri porovnávaní s konkurenciou. Hodnotenie nám podáva reálny obraz o skutočnom stave.

V dnešnej dobe sa na hodnotenie kvality povrchov využíva predovšetkým dotykový profilometer. Jeho najväčšou nevýhodou je možnosť skenovania len 2 D. Kontaktný spôsob môže viesť v niektorých prípadoch k znehodnoteniu povrchu a teda aj výsledkov merania.

Bohužiaľ 2 D informácia vypovedá len o veľmi obmedzenom množstve informácii o funkčnosti povrchu. Môže celkom ignorovať podstatné rysy meraného povrchu, a neumožňuje dostatočne spoľahlivo rozlišovať charakter meraných nerovností povrchov. Je reálne, že v blízkej dobe bude 2 D meranie používané skôr ako kontrolné. Použitie vhodný / nevhodný, a nie ako hodnotiace kritérium kvality.

Spomenuté nedostatky vyriešilo bezkontaktné 3 D hodnotenie topografie povrchu. Bezkontaktné nasnímanie topografie povrchu je reálne metódami: Laser, CLI.

K vývoju bezkontaktného snímania výraznou mierou prispela firma TAYLOR & HOBSON.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ANALÝZA ZÁKLADNÝCH POJMŮ V OBLASTI HODNOTENIA KVALITY POVRCHOV:

V tejto časti sa budem zaoberať podrobnou analýzou pojmov a termínov potrebných pre objasnenie tejto problematiky. S ohľadom na to, že replika ktorú budeme skúmať a následne vyhodnocovať, bude polymérny výrobok. Celá analýza bude prevažne zameraná na plasty.

1.1 Všeobecná definícia pojmov:

1.1.1 Normy zaoberajúce sa kvalitou povrchu:

Jedným z kritérií delenia noriem môže byť delenie podľa úrovne na :

- Medzinárodné ISO
- Európske EN
- Národné ČSN(STN)
- Podnikové

Ďalším možným delením je podľa zamerania:

- Bezpečnostné
- Environmentálne
- Manažérske
- Technické
- a pod.

Noriami ktoré sa venujú tejto tematike je veľké množstvo. Preto uvediem len normy ktoré som využíval pri spracovávaní tejto diplomovej práce.

ČSN EN ISO 4287: 1998 Geometrické požiadavky na výrobky (GPS) – štruktúra povrchu: profilová metóda – termíny, definície a parametre štruktúry povrchu.

ČSN EN ISO 4288 : 1998 Geometrické požiadavky na výrobky (GPS) – štruktúra povrchu: profilová metóda – Pravidlá a postupy pre posudzovanie štruktúry povrchu.

ČSN EN ISO 13565 – 1 : 1998 Geometrické požiadavky na výrobky (GPS) – štruktúra povrchu: profilová metóda; povrchy majúce stratifikované funkčné vlastnosti časť 1 : Filtrácia a všeobecné podmienky merania.

ČSN EN ISO 13565 – 2 : 1998 Geometrické požiadavky na výrobky (GPS) – štruktúra povrchu: profilová metóda; povrchy majúce stratifikované funkčné vlastnosti časť 2: výškové charakteristiky využívajúce krivku lineárneho materiálového pomeru.

ČSN EN ISO 11562 : 1997 Geometrické požiadavky na výrobky (GPS) – štruktúra povrchu: profilová metóda; metrologické charakteristiky fázovo korigovaných filtrov.

ČSN EN ISO 14253 – 1: 1998 Geometrické požiadavky na výrobky (GPS) – Skúšanie obrábok a meradiel meraním časť 1: pravidlá rozhodovania o dokazovaní zhody alebo nezahody zo špecifikáciami.

ČSN EN ISO 14253 – 1: 1998 Geometrické požiadavky na výrobky (GPS) – Skúšanie obrábok a meradiel meraním časť 2: návod pre odhad neistoty merania v geometrických požiadavkách na výrobky, pri kalibrácii meracieho vybavenia a pri overovaní výrobku.

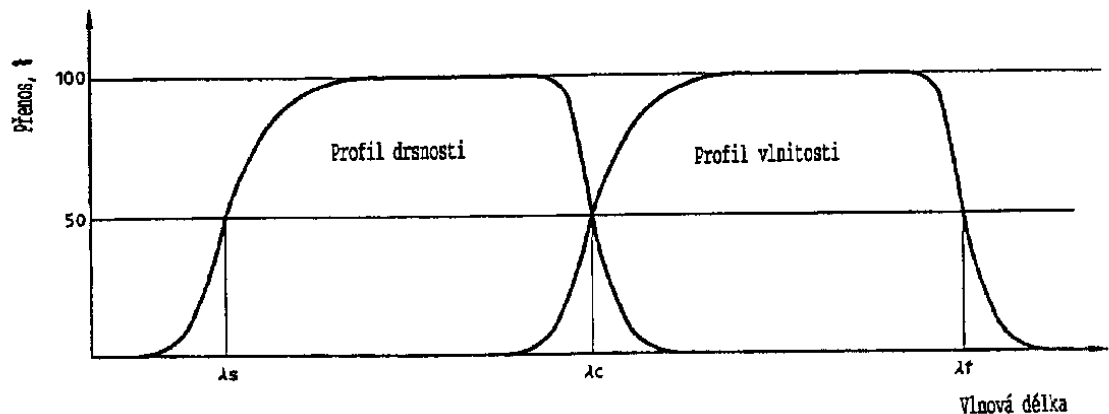
1.1.2 Všeobecné technické pojmy

Profilový filter – ide o filter rozdeľujúci profily na dlhovlnné a krátkovlnné zložky. (V prístrojoch na meranie drsnosti, vlnitosti a základného profilu, sú používané tri filtre. Tieto filtre sú bližšie definované v norme ISO 11562: 1997. Majú identické prenosové charakteristiky, ale rozdielne hodnoty medznej vlnovej dĺžky *cut-off*).

Profilový filter λ_s – je filter ktorý definuje rozhranie medzi drsnosťou a kratšími zložkami vln prítomnými na povrchu.

Profilový filter λ_c – je filter ktorý definuje rozhranie medzi zložkami drsnosti a vlnitosti.

Profilový filter λ_f – je filter ktorý definuje rozhranie medzi vlnitosťou a dlhšími zložkami vln prítomných na povrchu.



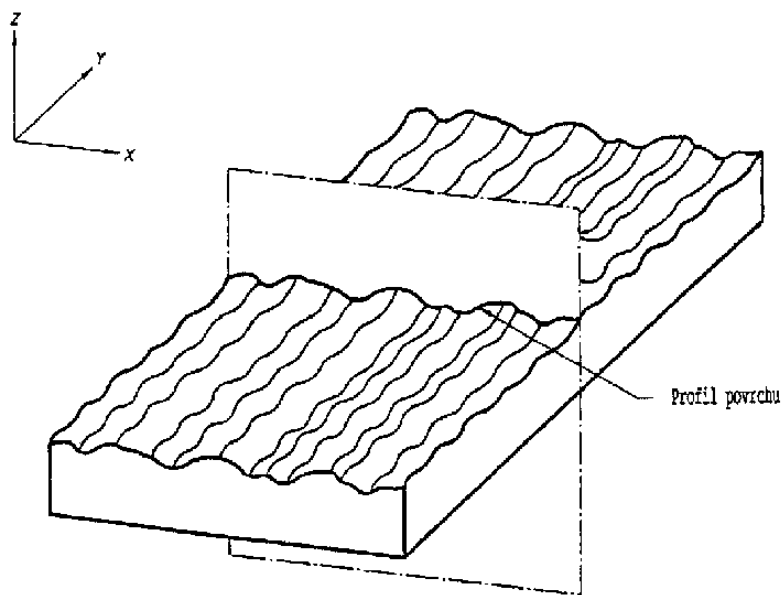
Obr.1. Prenosová charakteristika profilu drsnosti a vlnitosti^[1.]

Súradnicový systém - ide o systém, v ktorom sú definované parametre štruktúry povrchu. (Obvykle je používaný pravouhlý súradnicový systém, v ktorom osy tvoria pravotočivú karteziánsku sústavu. Os X v smere snímania je súbežná so strednou čiarou, os Y tiež leží na skutočnom povrchu a os Z smeruje z povrchu, „z materiálu do okolitého prostredia“. Tento systém je uznaný medzinárodne).

Skutočný povrch – ide o povrch obmedzujúci teleso a oddeľujúci ho od okolitého prostredia.

Profil povrchu – ide o profil vzniknutý ako priesečnica skutočného povrchu danej roviny. (V praxi sa obvykle volí rovina kolmá na rovinu rovnobežnú so skutočným povrchom vo vhodnom smere). Obr. 2.

Profil drsnosti – ide o profil odvodený zo základného profilu potlačením dlhovlnných zložiek použitím profilového filtra λ_c . Tento profil je úmyselne pozmenený. (Prenosové pásmo pre profil drsnosti je definované filtrami profilu λ_s a λ_c . Profil drsnosti je základom pre hodnotenie parametrov profilu drsnosti).



Obr. 2. Profil povrchu^[1.]

Profil vlnitosti – ide o profil odvodený postupnou aplikáciou filtra profilu λ_f a filtra profilu λ_c na základný profil. Ktorý potláča dlhovlnné zložky filtrom profilu λ_f a krátkovlnné zložky filtrom profilu λ_c . Profil je zámerne pozmenený. (Menovitý tvar by mal byť najskôr odstránený z celkového profilu využitím metódy najmenších štvorcov, pred aplikáciou profilového filtra λ_f pre oddelenie profilu vlnitosti. Pre kruhový tvar je doporučený polomer zahrnúť do optimalizácie metódy najmenších štvorcov a nemá mať pevnú hodnotu).

Stredné čiary

Stredná čiara profilu drsnosti – je čiara ktorá zodpovedá dlhovlnnej zložke profilu potlačeného filtrom profilu λ_c .

Stredná čiara profilu vlnitosti – je čiara ktorá zodpovedá dlhovlnnej zložke profilu potlačeného filtrom profilu λ_f .

Stredná čiara základného profilu – je čiara ktorá spadá do roviny najmenších štvorcov priliehajúcich menovitému tvaru základného profilu.

Základná dĺžka l_p , l_r , l_w – je dĺžka v smere osy X, je použitá pre rozpoznanie nerovnosti charakterizujúcich vyhodnocovaný profil. (Základná dĺžka pre drsnosť l_r a pre vlnitosť l_w sú číselne rovnaké s charakteristickou vlnovou dĺžkou profilového filtra λ_c , prípadne λ_f . Základná dĺžka pre základný profil l_p je rovná vyhodnocovanej dĺžke).^[1.]

Vyhodnocovaná délka l_n – je délka v směru osy X, použitá pre posúdenie vyhodnocovateľného profilu. (*Vyhodnocovaná dĺžka môže obsahovať jednu alebo viacej základných dĺžok*).

1.1.3 Typy geometrických parametrov

P – parameter – parameter vypočítaný zo základného profilu.

R – parameter – parameter vypočítaný z profilu drsnosti.

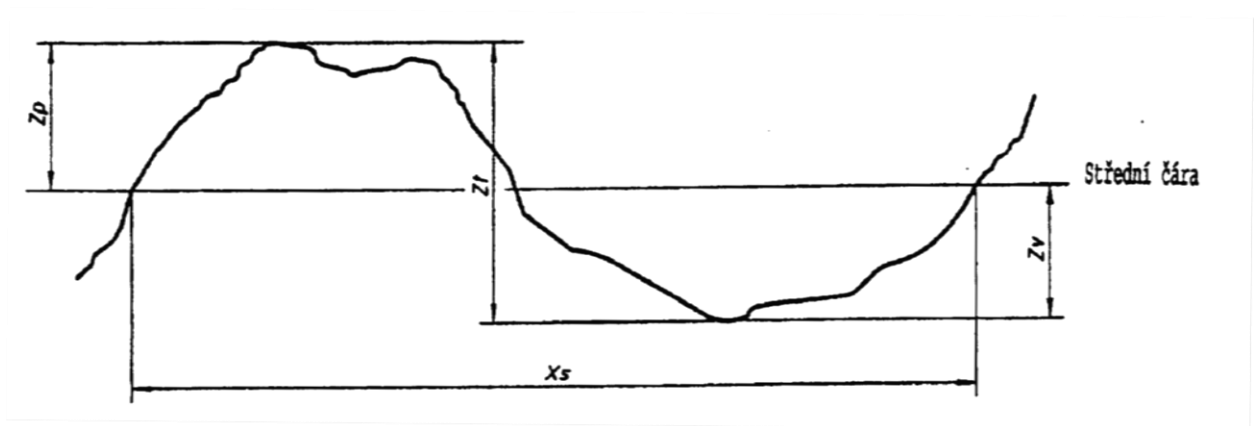
W – parameter – parameter vypočítaný z profilu vlnitosti.

Výstupok profilu – je výstupok z povrchu smerujúci von, „z materiálu do okolitého prostredia“. Je to časť posudzovaného profilu spájajúca dva priľahlé body na priesečníku profilu a osy X.

Priehlbina profilu – je dovnútra smerujúca „z okolitého prostredia do materiálu“. Je to časť posudzovaného profilu spájajúca dva priľahlé body na priesečníku profilu a osy X.

Obmedzenie výšky a/alebo rozteče – je najmenšia výška a najmenšia rozteč výstupkov a priehlbín posudzovaného profilu, ktoré môžu byť brané do úvahy. (*Najmenšia výška výstupku a priehlbín profilu je zvyčajne špecifikovaná v percentách P_z , R_z , W_z , alebo iných výškových parametrov a najmenšia rozteč v percentách základnej dĺžky*).

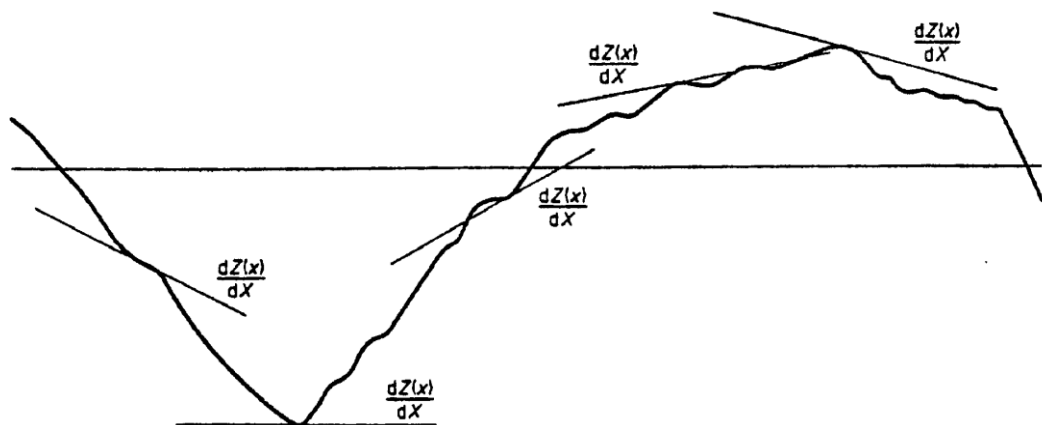
Prvok profilu – výstupok profilu a priľahlá priehlbina. (*Kladná/záporná časť posudzovaného profilu na začiatku prípadne na konci základnej dĺžky, bude vždy považovať za výstupok profilu, alebo za jeho priehlbínu. Ak sa určuje počet prvkov profilu na dĺžke niekoľkých po sebe idúcich základných dĺžok, výstupky a priehlbiny posudzovaného profilu na začiatku, alebo na konci každej základnej dĺžky sú brané do úvahy len raz a to na začiatku základnej dĺžky*). Obr. 3.



Obr. 3. Prvok profilu^[1.]

Hodnota súradnice $Z_{(x)}$ – je výška posudzovaného profilu v ľubovoľnej polohe x . (Výška sa považuje za zápornú, ak ležia súradnice pod osovou X a za kladnú ak je to naopak).

Miestny sklon dZ/dX – je sklon posudzovaného profilu v polohe x_i . (Číselná hodnota miestneho sklonu a tým aj parametre $P\Delta q$, $R\Delta q$, a $W\Delta q$ kriticky závisia na rozteči súradnice x). Obr. 4.



Obr. 4. Miestny sklon^[1.]

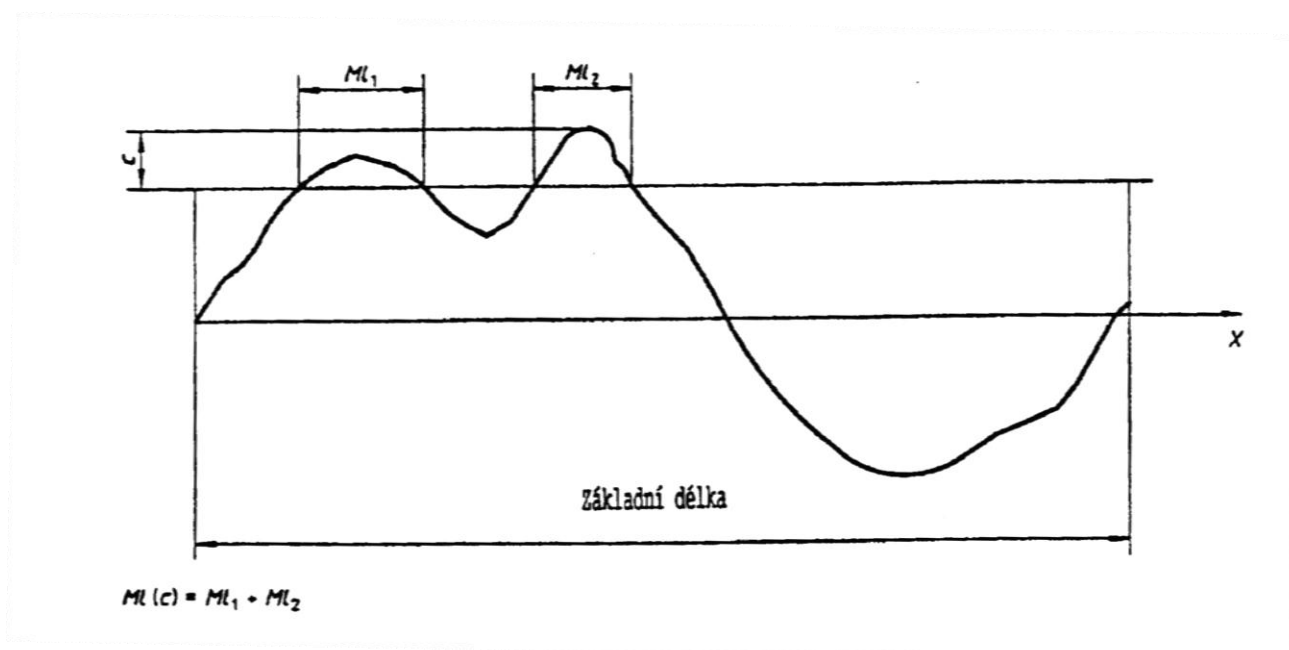
Výška výstupku profilu Z_p – ide o vzdialenosť medzi osou X a najvyšším bodom výstupku profilu. Obr. 3.

Hĺbka priehlbiny profilu Z_v – ide o vzdialenosť medzi osou X a najnižším bodom priehlbiny profilu. Obr. 3.

Výška prvku profilu Z_t – ide o súčet výšky výstupku a hĺbky priehlbiny prvku profilu. Obr. 3.

Šírka prvku profilu X_s – ide o dĺžku úseku osy X pretínajúcu časť profilu. Obr. 3

Materiálová dĺžka profilu na úrovni C, $MI_{(c)}$ – ide o súčet dĺžok úsekov získaných preseknutím prvku profilu čiarou rovnobežnou s osou X na danej úrovni C. Obr. 5.



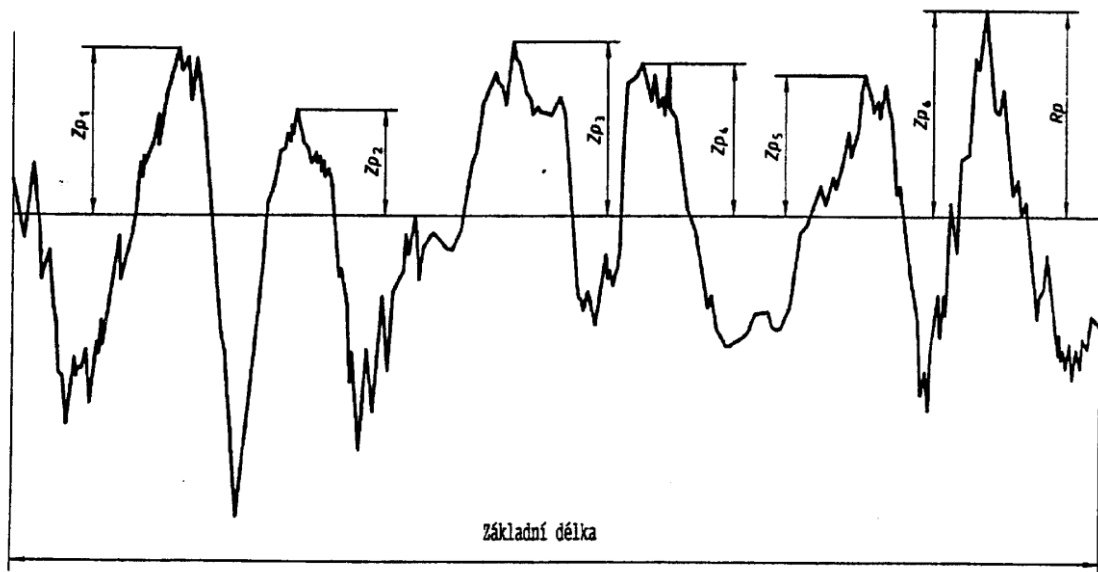
Obr. 5. Materiálová dĺžka^[1.]

1.2 Definície parametrov profilu povrchu

(Tieto parametre môžu byť vypočítané z ktoréhokoľvek profilu. Prvé veľké písmeno v symbole parametra určuje typ vyhodnocovaného profilu. Napr.: parameter R_a je vypočítaný z profilu drsnosti a P_t je vypočítaný zo základného profilu.)

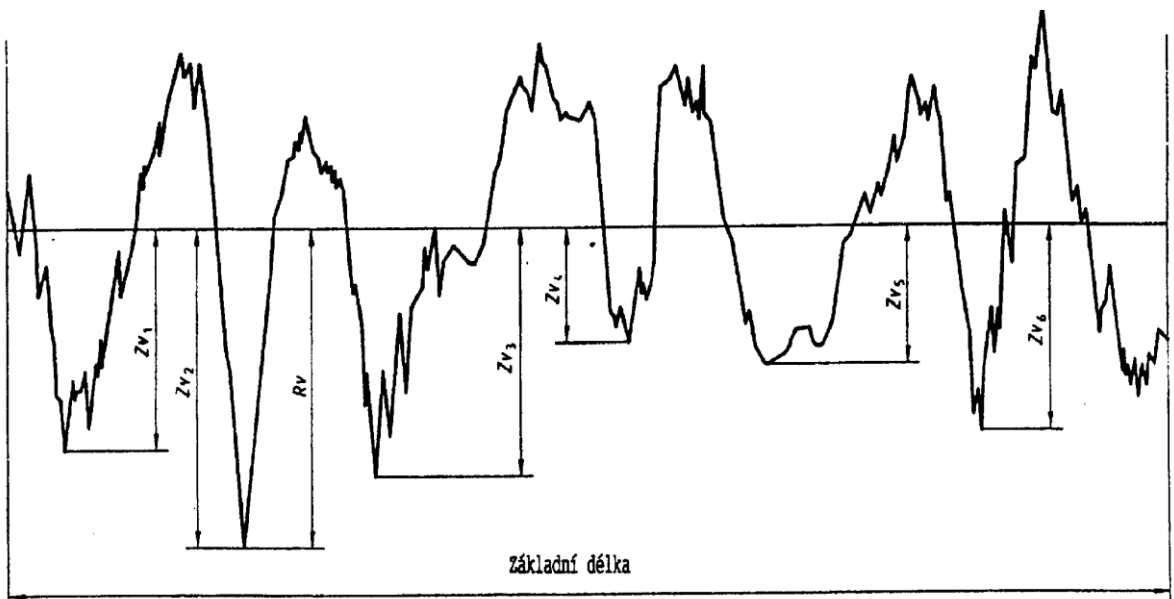
1.2.1 Výškové parametre – výstupky a priehlbiny

Najvyššia výška výstupku profilu R_p - je výška Z_p najvyššieho výstupku profilu v rozsahu základnej dĺžky. Obr. 6. ^[1.]



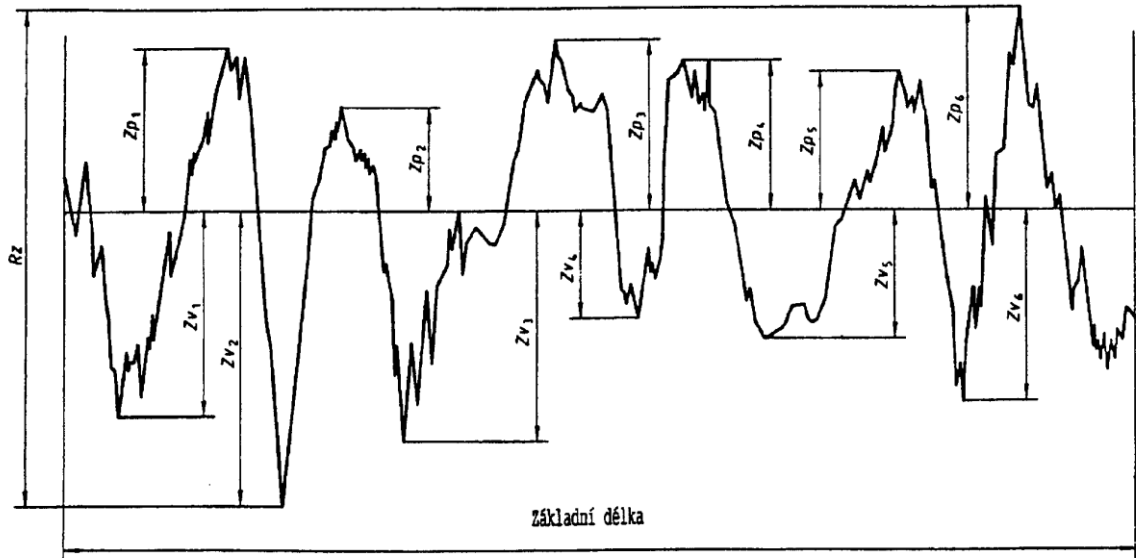
Obr. 6. Najvyššie výška výstupku profilu (příklad drsnosti profilu) [1.]

Najväčšia hĺbka priehlbiny profilu R_v – je hĺbka Z_v najnižšej priehlbiny profilu v rozsahu základnej dĺžky. Obr. 7.



Obr. 7. Najväčšia hĺbka priehlbiny profilu (příklad drsnosti profilu) [1.]

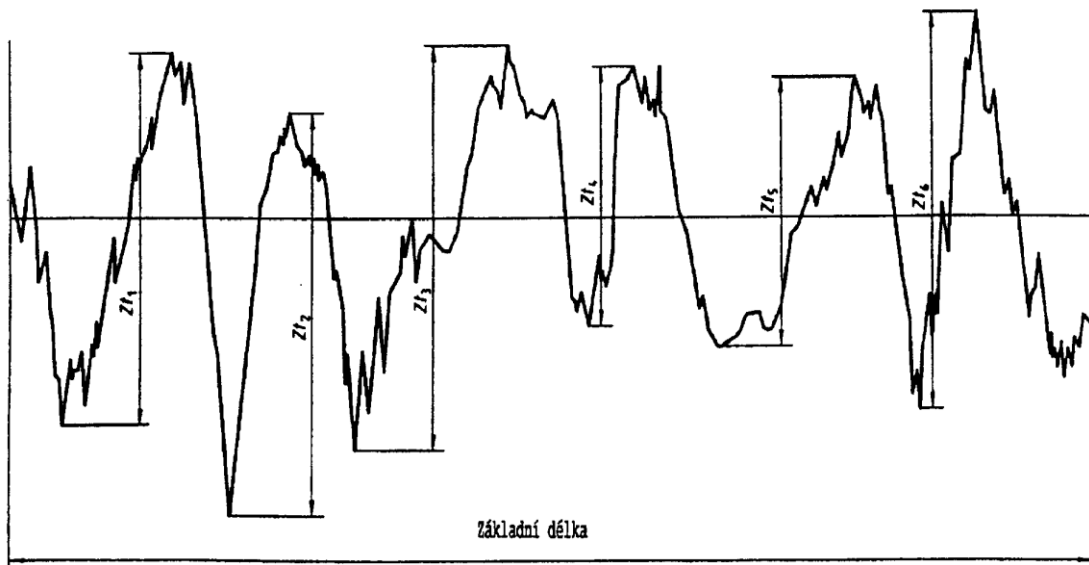
Najväčšia výška profilu R_z – je súčet výšky Z_p najvyššieho výstupku profilu a hĺbky Z_v najnižšej priehlbiny profilu v rozsahu základnej dĺžky. Obr. 8.



Obr. 8. Najväčšia výška profilu (příklad drsnosti profilu) ^[1.]

Priemerná výška prvku profilu R_c – je priemerná hodnota výšok Z_t prvkov profilu v rozsahu základnej dĺžky. (Parameter R_c vyžaduje obmedzenie výšky a rozteče. Ak nie je určené inak, implicitné výškové obmedzenie bude 10% z hodnoty R_z . A implicitné obmedzenie rozteče bude 1% zo základnej dĺžky. Obe podmienky musia byť splnené).

$$R_c = \frac{1}{m} \times \sum_{i=1}^m Z_{ti} \quad (1.1)$$



Obr. 9. Výška prvku profilu (příklad drsnosti profilu) ^[1.]

Celková výška profilu R_t – je součet výšky Z_p , nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejnižšího priehlbiny profilu v rozsahu vyhodnocovanej dĺžky. (Pokial' je R_t definované na vyhodnocovanej dĺžke skor ako na základnej dĺžke, bude pre akýkoľvek profil platiť:

$R_t \geq R_z$. V štandardnom prípade platí: $P_z = P_t$. V tomto prípade je doporučené použiť P_t).

1.2.2 Výškové parametre – priemerné hodnoty súradníc

Priemerná aritmetická úchylka posudzovaného profilu R_a – je aritmetický priemer absolútnych hodnôt súradníc $Z(x)$ v rozsahu základnej dĺžky.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx \quad (1.2)$$

Priemerná kvadratická úchylka posudzovaného profilu R_q – je kvadratický priemer súradníc $Z(x)$ v rozsahu základnej dĺžky.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx} \quad (1.3)$$

Šikmost' posudzovaného profilu R_{sk} – je podiel priemernej hodnoty tretích mocnín súradníc $Z(x)$ a tretej mocniny hodnoty R_q v rozsahu základnej dĺžky.

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \left[\frac{1}{l^3} \int_0^l Z^3(x) dx \right] \quad (1.4)$$

**(Uvedená rovnica definuje R_{sk} . Tento parameter je mierou symetrie a hustoty pravdepodobnosti hodnôt súradníc. Parameter R_{sk} je silne ovplyvňovaný ojedinělými výstupkami alebo ojedinělými priehlbunami).*

Špicatosť posudzovaného profilu R_{ku} – je podiel priemernej hodnoty štvrtých mocnín súradníc $Z(x)$ a štvrtej mocniny hodnoty R_q v rozsahu základnej dĺžky.

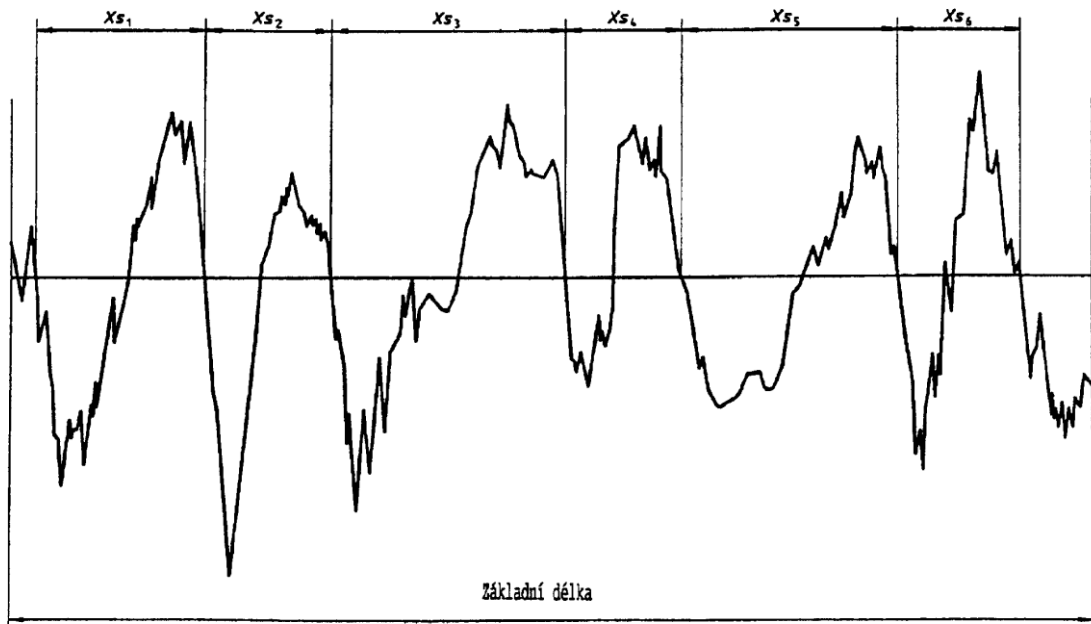
$$R_{ku} = \frac{1}{R_q^4} \left[\frac{1}{l^4} \int_0^l Z^4(x) dx \right] \quad (1.5)$$

*(Uvedená rovnica definuje Rku . Tento parameter je mierou symetrie a hustoty pravdepodobnosti hodnôt súradníc. Parameter Rku je silne ovplyvňovaný ojedinelými výstupkami alebo ojedinelými priehlbinami).^[1.]

1.2.3 Dĺžkové rozmery

Priemerná šírka prvku profilu Rsm – je aritmetický priemer širok Xs prvkov profilu v rozsahu základnej dĺžky. (Rsm vyžaduje výškové a dĺžkové obmedzenie. Ak nie je určené inak, tak obmedzenie výšok je 10% Rz . A obmedzenie roztečí je 1% základnej dĺžky. Obe podmienky musia byť splnené). Obr. 10.

$$Rsm = \frac{1}{m} \times \sum_{i=1}^m Xs_i \quad (1.6)$$



Obr. 10. Šírka prvku profilu^[1.]

1.2.4 Tvarové parametre

Priemerný kvadratický sklon posudzovaného profilu $R\Delta q$ – je kvadratický priemer sklonu súradníc dZ/dX v rozsahu základnej dĺžky.

1.2.5 Krivky a zodpovedajúce parametre

(Všetky krivky a zodpovedajúce parametre sú definované na vyhodnocovanej dĺžke skôr ako na základnej dĺžke. Poskytuje to stabilnejšie krivky a parametre).

Materiálový pomer profilu (nosný podiel) $R_{mr}(c)$ – je pomer dĺžky materiálu elementov profilu $MI(c)$ na danej úrovni c , k vyhodnocovanej dĺžke.

$$R_{mr}(c) = \frac{MI(c)}{ln} \quad (1.7)$$

Krivka materiálového pomeru profilu (nosná krivka) – je krivka predstavujúca materiálový pomer profilu v závislosti na výške úrovne. *(Táto krivka môže byť interpretovaná ako vzor funkcie kumulatívnej pravdepodobnosti hodnôt súradníc $Z(x)$ v rozsahu vyhodnocovanej dĺžky).*

Rozdiel výšky úseku profilu $R_{\delta c}$ – je zvislá vzdialenosť medzi úrovňami dvoch úsekov daného materiálového pomeru.

$$R_{\delta c} = C(R_{mr1}) - C(R_{mr2}) \quad (1.8)$$

$$(R_{mr1} < R_{mr2})$$

Vzájomný materiálový pomer R_{mr} – je materiálový pomer určený na úrovni časti profilu $R_{\delta c}$, vzťahnutý k úrovni C_0 .

Empirické rozdelenie výšok profilu – je hustota pravdepodobnosti súradníc $Z(x)$ v rozsahu vyhodnocovanej dĺžky.^[1.]

1.3 Odhad parametrov

Parametre definované na základnej dĺžke

Odhad parametrov - ide o odhad hodnôt parametrov, ktorý je vypočítavaný pomocou dát nameraných len na jednej základnej dĺžke.

Odhad priemerných hodnôt parametrov – tento odhad je vypočítavaný vyčíslením aritmetického priemeru odhadu parametra zo všetkých jednotlivých základných dĺžok. Ak je pre parametre profilu drsnosti použitý normalizovaný počet piatich základných dĺžok, nie je potrebné dopĺňovať symbol parametra indexom. Pre parameter hodnotený na inom počte základných dĺžok musí byť tento počet pri značke parametra uvedený ako index (napr. R_{z1} , R_{z3} ,...).

Parametre definované na vyhodnocovanej dĺžke

Pre parametre definované na vyhodnocovanej dĺžke R_t je odhad hodnoty parametra, vypočítavaný pomocou nameraných dát z vyhodnocovanej dĺžky, rovnej normalizovanému počtu základných dĺžok.

Krivky a zodpovedajúce parametre

Pre krivky a zodpovedajúce parametre je odhad hodnoty parametra vypočítavaný pomocou nameraných dát z jednej krivky ktorá bola vypočítaná na základe vyhodnocovanej dĺžky.

Štandardné vyhodnocované dĺžky

Ak nieje na výkrese, alebo vo výrobnjej dokumentácii zadefinované inak, je vyhodnocovaná dĺžka nasledujúca:

- R – parametre – vyhodnocovaná dĺžka je definovaná v Tab. 1.
- P – parametre – vyhodnocovaná dĺžka je rovná dĺžke meraného prvku.

Tab. 1. Základné dĺžky drsností pre meranie R_a , R_q , R_{sk} , R_{ku} , R_{Aq} , kriviek a zodpovedajúcich pre parametre pre neperiodické profily.^[2,1]

R_a [um]	Základná dĺžka drsnosti	Vyhodnocovaná dĺžka drsnosti
	l _r [mm]	l _n [mm]
$(0,006) < R_a \leq 0,02$	0,08	0,4
$0,02 < R_a \leq 0,1$	0,25	1,25
$0,1 < R_a \leq 2$	0,8	4
$2 < R_a \leq 10$	2,5	12,5
$10 < R_a \leq 80$	8	40

1.4 Pravidlá pre porovnávanie meraných hodnôt s tolerančnými me- dzami

Plochy na kontrolovaných prvkoch

Pre homogénne štruktúry povrchov platí:

Štruktúra povrchov kontrolovaných obrobkov sa môže javiť ako homogénna, alebo môže byť na jednotlivých plochách celkom rozdielna. To môže byť zistené vizuálnou skúškou povrchu. V prípadoch, kde sa štruktúra povrchu javí ako homogénna, hodnoty parametrov určené s celého povrchu budú použité pre porovnanie s požiadavkami uvedenými na výkrese, alebo vo výrobnej dokumentácii.

Pre nehomogénne štruktúry povrchov platí:

Ak sú na povrchu jednotlivé plochy z nápadne rozdielnou štruktúrou, hodnoty parametrov, ktoré sú určené pre každú jednotlivú plochu budú pre porovnanie s požiadavkami špecifikovanými na výkrese, alebo vo výrobnej dokumentácii, použité oddelene. Pre požiadavky špecifikované hornou medzou parametra budú použité tie jednotlivé plochy na povrchu, pri ktorých je jasné, že majú najväčšie hodnoty parametrov.

Pravidlo 16%

Pre požiadavky špecifikované hornou medzou parametra sú povrchy považované za prijateľné, ak nie viac ako 16% zo všetkých nameraných hodnôt vybraných parametrov zisťovaných na vyhodnocovanej dĺžke presahuje hodnotu uvedenú na výkrese alebo vo výrobnej dokumentácii.

Pre požiadavky špecifikované dolnou medzou parametra, sú povrchy považované za prijateľné ak nie viac ako 16% zo všetkých nameraných hodnôt vybraných parametrov, zisťovaných na vyhodnocovanej dĺžke, je menších ako hodnota uvedená na výkrese, alebo vo výrobnej dokumentácii.

Pri definovaní hornej a dolnej medze parametrov bude používaná značka parametrov bez indexu „max“

Pravidlo maxima

Pri požiadavkách špecifikovaných najväčšou hodnotou parametra, nesmie v priebehu kontroly žiadna z meraných hodnôt parametra na celom kontrolovanom povrchu prekročiť hodnotu uvedenú na výkresu, alebo vo výrobnjej dokumentácii. Pri stanovení najväčšej dovolenej hodnoty parametra je značka parametra doplnená indexom „max“ (napr.: Rz1max => Merané na 1. základnej dĺžke).

Neistoty merania

Pre dokázanie zhody, alebo nezahody s špecifikáciou musia byť merané hodnoty parametrov porovnávané zo špecifikovanými medznými hodnotami. Keď berieme do úvahy neistoty merania podľa pravidiel daných ISO 14253-1:1998. V prípade porovnávania výsledkov meraní s hornými a dolnými medzami, sú neistoty merania odhadované tak, že neuvažujeme možnosť nehomogénneho povrchu, ktoré už sú započítané prídavkom 16 %.^[2.]

1.5 Hodnotenie parametrov

1.5.1 Všeobecné hodnotenie

Ide o hodnotenie parametrov štruktúry povrchu, ktoré nieje použiteľné pre popis chýb na povrchu. T tohto dôvodu chyby povrchu, t.j. ryhy a póry nesmú byť pri kontrole štruktúry povrchu brané do úvahy.

Pri rozhodovaní, či povrch obrobku je, alebo nieje v zhode so špecifikáciou, je použité súboru jednotlivých hodnôt parametrov štruktúry povrchu. Každý z nich je určený na vyhodnocovanej dĺžke.

Spoľahlivosť rozhodnutí, či kontrolovaný povrch obrobku je, alebo nieje vyhovujúci špecifikácii, a presnosť priemernej hodnoty parametra štruktúry povrchu získanej na tom istom povrchu závisí od počtu základných dĺžok vo vyhodnocovanej dĺžke, na ktoré boli jednotlivé hodnoty parametra štruktúry povrchu získané a tiež na počte vyhodnocovaných dĺžok teda na počte meraní na povrchu. (*Teda na veľkosti výberového súboru, počet n*).

1.5.2 Parametre profilu drsnosti

Pokiaľ sa vyhodnocovaná dĺžka pre R – parametre podľa ISO 4287: 1999 nerovná piatim základným dĺžkam, je ich horná a dolná medza prepočítaná a vzťahnutá k vyhodnocovanej dĺžke rovnajúcej sa piatim základným dĺžkam.

Spôľahlivosť rozhodnutia je tým väčšia čím väčší je počet meraní „n“ a dlhšia vyhodnocovaná dĺžka, a tým menšia je neistota priemernej hodnoty parametra. Nárast počtu meraní však smeruje k nárastu spotreby času a nákladov na meranie. Proces kontroly musí preto predstavovať kompromis medzi spoľahlivosťou a nákladmi.

1.6 Pravidlá a postupy pre kontrolu dotykovými prístrojmi

1.6.1 Základné pravidlá pre určenie medznej vlnovej dĺžky cut-off pre meranie parametrov profilu drsnosti.

Ak je základná dĺžka špecifikovaná požiadavkou na výkrese, alebo vo výrobnjej dokumentácii, medzná vlnová dĺžka cut-off λ_c je vybraná rovnakou tejto základnej dĺžke. Ak nie je drsnosť špecifikovaná na výkrese, alebo vo výrobnjej dokumentácii, alebo základná dĺžka nie je špecifikovaná v danej špecifikácii drsnosti je medzná vlnová dĺžka zvolená podľa postupu v ďalšom bode.

1.6.2 Meranie parametrov profilu drsnosti

Ak nie je špecifikovaný smer merania, obrobok je polohovaný tak, že smer rezu odpovedá najväčším hodnotám výšok parametrov drsnosti Ra, Rz. Tento smer bude kolmý k polohe povrchu. Pre izotropné povrchy môže byť smer rezu ľubovoľný.

Meranie je vykonávané na tej časti povrchu, na ktorej je možné očakávať kritické hodnoty. Možnosť posúdenia sa vykonáva vizuálnou kontrolou. Pre získanie nezávislých výsledkov sú jednotlivé merania na tejto časti rozdelené rovnomerne.

Pre určenie hodnôt parametrov profilu drsnosti je potrebné najskôr pohľadom rozhodnúť, či je profil drsnosti periodický, alebo neperiodický. Na základe tohto určenia, pokiaľ nie je dané inak, nasleduje postup špecifikovaný v ďalšom kroku. Ak sú použité špeciálne postupy merania, musia byť popísané v špecifikáciách a v protokole o meraní.

Postup pre neperiodický profil drsnosti

Pre povrchy s neperiodickým profilom drsnosti je použitý nasledujúci postup:

- 1.) Odhadneme neznámy parameter profilu drsnosti R_a , R_z , R_{z1max} , alebo R_{sm} , odhadujeme ľubovoľným spôsobom, napr.: Vizuálnou prehliadkou, grafickou analýzou celkového profilu,....
- 2.) Odhadneme základnú dĺžku z tabuľky 1, 2, 3 pre R_a , R_z , R_{z1max} , alebo R_{sm} , odhadnutého pri kroku 1.)
- 3.) Meracím prístrojom s nastavenými hodnotami základnej dĺžky odhadnutými v kroku 2.)
- 4.) Porovnávame namerané hodnoty R_a , R_z , R_{z1max} , alebo R_{sm} s rozsahom hodnôt R_a , R_z , R_{z1max} , alebo R_{sm} z tabuľky 1, 2, 3 zodpovedajúcej pre odhadnutú základnú dĺžku.
- 5.) Získame reprezentačné hodnoty R_a , R_z , R_{z1max} , alebo R_{sm} pre jednu základnú dĺžku nastavenú na kratšiu, ak nieje kratšia, základná dĺžka hodnotená v predchádzajúcom kroku.
- 6.) Ak je konečné nastavenie podľa kroku 4.) a odpovedá tabuľke, potom nastavená základná dĺžka a hodnoty R_a , R_z , R_{z1max} , alebo R_{sm} sú správne.
- 7.) Získame reprezentatívne meranie žiadaných parametrov použitím hodnoty medznej vlnovej dĺžky, odhadnutej v predchádzajúcich krokoch. ^[2.]

Postup pre periodický profil drsnosti

Pre povrchy s periodickým profilom drsnosti sa použije nasledovný postup:

- 1.) Na povrchu s neznámou drsnosťou sa graficky odhadne parameter R_{sm}
- 2.) Pre odhadnutý parameter R_{sm} použitím Tab. 3. sa určí odporúčaná hodnota medznej vlnovej dĺžky cut-off
- 3.) Ak je nutné, t.j. v spornom prípade sa zmeria hodnota R_{sm} za použitia hodnoty medznej vlnovej dĺžky cut-off, určenej v bode 2.)
- 4.) Ak hodnota R_{sm} z kroku 3.) zodpovedá podľa Tab. 3. menšia, alebo väčšia hodnote medznej vlnovej dĺžky cut-off, ako v kroku 2.) použije sa menšia, alebo väčšia hodnota medznej vlnovej dĺžky cut-off.
- 5.) Získame reprezentatívne meranie žiadaných parametrov pri použití hodnoty medznej vlnovej dĺžky, odhadnutej v predchádzajúcich krokoch

Tab. 2. Základné dĺžky drsností pre meranie Rz, Rv, Rp, Rc, a Rt, neperiodických profilov.^[2.]

Rz ¹⁾ Rz1max ²⁾ [um]	Základná dĺžka drsnosti lr [mm]	Vyhodnocovaná dĺžka drsnosti ln [mm]
$(0,025) < Rz, Rz1max \leq 0,1$	0,08	0,4
$0,1 < Rz, Rz1max \leq 0,5$	0,25	1,25
$0,5 < Rz, Rz1max \leq 10$	0,8	4
$10 < Rz, Rz1max \leq 50$	2,5	12,5
$50 < Rz, Rz1max \leq 200$	8	40
¹⁾ Rz je použité pri meraní Rz, Rv, Rp, Rc, a Rt. ²⁾ Rz1max je použité len pri meraní Rz1max, Rv1max, Rp1max, a Rc1max.		

Tab. 3. Základné dĺžky drsností pre meranie R – parametrov periodických profilov s Rsm periodických a neperiodických profilov.^[2.]

Rsm [um]	Základná dĺžka drsnosti lr [mm]	Vyhodnocovaná dĺžka drsnosti ln [mm]
$0,013 < Rsm \leq 0,04$	0,08	0,4
$0,04 < Rsm \leq 0,13$	0,25	1,25
$0,13 < Rsm \leq 0,4$	0,8	4
$0,4 < Rsm \leq 1,3$	2,5	12,5
$1,3 < Rsm \leq 4$	8	40

1.7 Vytváranie povrchov

Za povrch považujeme nerovnosti, ktoré sa objavujú na vyrobenej, poprípade obrobenej ploche. V mnohých prípadoch za plochu môžeme považovať určité charakteristické usporiadanie, ktoré je výsledkom pôsobenia vzájomných geometrických a kinematických vzťahov, nástrojov a obrobkov, prevádzaných niektorými fyzikálnymi javmi. Podľa podmienok, ktoré vplyvajú na obrábanie, ako druh materiálu obrobku, materiál nástroja a pod., sa prejaví buď to na zmene charakteru povrchu, alebo na zmene povrchových vlastností obrobku. Za najpodstatnejší aspekt, ktorý ovplyvňuje výsledný tvar obrobenej plochy, je špička nástroja, ktorá je definovaná v rovine rovnobežnej so základnou rovinou, polomerom zaoblenia r_e , uhlom nastavenia χ_r a vedľajším uhlom nastavenia χ'_r .

Ako ďalší činiteľ, ktorý charakterizuje kinematický vzťah medzi špičkou nástroja a obrobkom, ktorý má rovnako významný vplyv na drsnosť povrchu, je posuv. Je pri všetkých metódach obrábania najvýznamnejšou veličinou v rezných podmienkach. Z hľadiska metodiky je možné rozlišovať medzi teoretickou drsnosťou povrchu a skutočnou drsnosťou povrchu.

Teoretická drsnosť povrchu môže byť geometricky určená za splnenia predpokladov:

- obrábaný materiál je považovaný za absolútne nedeformovateľný,
- ostrie nástroja tvorí geometrické čiary,
- systém stroj – nástroj – obrobok je absolútne pevný.

Za splnenia týchto predpokladov je možné stanoviť teoretickú drsnosť povrchu, alebo teoreticky najväčšiu výšku nerovností podľa vzorcov odpovedajúcich geometrickým schémam kinematiky odoberanej triesky. Odvodené vzorce môžu slúžiť pre zásadnú orientáciu pri regulácii vzájomných pomerov hodnôt rezných podmienok. Napr.: posuv, uhol nastavenia, polomer zaoblenia špičky nástroja tak, aby bolo možné dosiahnuť požadovanú hodnotu drsnosti povrchu.

Skutočné hodnoty charakteristiky drsnosti povrchu sa čo do veľkosti a tvaru odlišujú od vypočítaných teoretických hodnôt. Tieto rozdiely je možné zdokumentovať na profilogramoch, kde napr. tvar profilu sústruženého povrchu stráca pravidelnosť oproti teoretickému profilu, kde je hodnota R_{mt} častokrát menšia ako skutočná hodnota R_{ms} . Príčiny zmien tvaru obrobeného profilu a príčiny zvýšení skutočných výšok nerovností oproti nerovnostiam teoretickým, je možné hľadať v materiálových a technologických činiteľoch.

S ohľadom na materiálové vplyvy je nutné vidieť to, že rezanie je procesom plastickej deformácie, ktorá sa mení s reznými podmienkami. Medzi ďalšie technologické činitele môžeme zahrnúť chvenie nástroja obrábaných častí, nerovnosti ostria rezného nástroja, opotrebenie rezného nástroja, aj prípadná zmena rezného prostredia a pod.

Materiálové faktory majú však najväčší vplyv na zhoršenie skutočnej drsnosti. A to aj za predpokladu, že dokážeme maximálne vylúčiť vplyv technologických činiteľov. Príčinu rozdielu teoretickej a skutočnej drsnosti, môžeme hľadať predovšetkým v mechanizme vytvárania nového povrchu. Tento mechanizmus je veľmi ovplyvňovaný fyzikálnymi vlastnosťami obrábaného materiálu a rovnako podmienkami zaťažovania, ktoré vyvoláva rezný nástroj.^[3.]

1.8 Vznik nového povrchu a jeho fyzikálna podstata

Neustále zlepšovanie a nezastaviteľný rozvoj materiálov a metód tepelného spracovania smerujú k tomu, že sa zvyšuje pomer pevnosti k hmotnosti. To sa prejavuje predovšetkým na znižovaní prierezov rady súčiastok, ktoré sú používané v zariadeniach pracujúcich v zaťažení extrémnymi podmienkami, s ohľadom na vplyv teploty a prostredie. Týmto skutočnostiam treba venovať zvýšenú pozornosť kvôli možnosti vzniku prevádzkovej poruchy, únavy materiálu, vzniku a šíreniu trhliny, v dôsledku napätia, korózie a pod.

Tieto vlastnosti sú veľmi často ovplyvňované morfológiou povrchu (tvarom a charakterom).

Je preto potrebné aby všetci návrhári, technici, a pod.využívali také súčiastky o ktorých vedia nie len známe vlastnosti, ale aby poznali aj dostatok informácií ohľadom charakteru povrchu a jeho vzniku. Je veľmi dôležité poznať či a ako výrobný proces môže meniť charakter povrchovej vrstvy obrobku a aká je zmena oproti základnému materiálu.

Znalosť vlastností povrchovej vrstvy funkčnej plochy slúži aj k tomu, aby výrobný proces mohol byť riadený s ohľadom na požiadavky, ktoré musí plocha spĺňať. Preto je nutná znalosť podstaty kvality obrábaných povrchov rôznymi metódami pre rôzne sféry konštruktérov a technológov.

Obrábanie je technologický proces kde vzniká nový povrch postupným uberaním, oddeľovaním triesky. Rezanie je procesom plastickej deformácie, jej priebeh je ovplyvnený vlastnosťami obrábaného materiálu a podmienkami, za ktorých rezanie prebieha. Jedny z najvýznamnejších sú teplota a deformačná rýchlosť.

Z hľadiska povrchu je nutné sa zamerať na tú fázu plastickej deformácie, kedy sa odrezávaný materiál oddeľuje, a preto je možné hodnotiť túto fázu ako jednu z foriem lomu a výsledný povrch ako lomovú plochu. Možnosť využitia tohto postupu hodnotenia výslednej plochy po obrobení vychádza zo zmien, ktoré nastanú v povrchu materiálu v blízkosti rezného hrotu nástroja, kedy sú zrnká materiálu pôsobením rezného nástroja deformované a kedy je táto deformácia ukončená ich porušením, teda lomom. Druh a charakter lomu sú závislé na obrábanom materiáli, jeho kryštalickej stavbe a na deformačných podmienkach. Tie sú pre obrábanie určované predovšetkým reznými podmienkami.

Lom väčšinou prebieha tzv. sklzovým mechanizmom (dislokačný proces), alebo tzv. dvojčatením. Výsledná lomová plocha musí byť posudzovaná z hľadiska zaťažovacích síl a napätí, ktoré pri lome pôsobili. Ďalej z hľadiska nutnej energie a rýchlosti šírenia prvotnej trhliny, a na koniec z hľadiska morfológie lomovej plochy.

1.9 Obrobiteľnosť materiálov s ohľadom na drsnosť povrchu

Dôsledkom nových požiadaviek z praxe, dostáva väčší význam klasifikácia obrobiteľnosti strojárskych materiálov podľa drsnosti povrchov. Zatiaľ, ale nie sú vytvorené presné východiská pre určenie metódy tejto klasifikácie. Obrobiteľnosť strojárskych materiálov ako technologickej charakteristiky, je dnes hodnotená podľa zmluvných metód odvodených podľa kritérií reznej rýchlosti.

Pre zaradenie materiálu do jednej triedy obrobiteľnosti platí zásada, že do rovnakej triedy sa zaraďujú materiály, ktoré podľa určitého kritéria vykazujú rovnaký výsledok, rovnaký index obrobiteľnosti. Triedy obrobiteľnosti sú odstupňované v geometrickom rade s kvocientom 1,26. Materiály s najhoršou obrobiteľnosťou sú značené najnižšími číslami, lepšie obrábateľné materiály vyššími číslami.^[3.]

1.10 Spracovanie plastických hmôt:

Plastické hmoty sa spracovávajú rôznymi technológiami spracovania, opracovania. Ich spoločným znakom je ekonomickosť, jednoduchosť a rýchla opakovateľnosť výrobného postupu. Najvýhodnejší spôsob spracovania sa volí podľa spracovávanej hmoty a podľa požadovaných vlastností výrobku. Vytvarované hmoty vyžadujú len minimálne povrchové úpravy.

V tomto celku sa zamerám predovšetkým na spracovanie plastických hmôt, pretože už pri spracovaní vzniká povrch výrobku. Už toto prvotné spracovanie má veľký vplyv na budúce vlastnosti výrobku, či už funkčné, alebo optické. Je veľmi dôležité zvoliť správnu metódu spracovania s ohľadom na spracovávaný materiál a požadované vlastnosti konečného výrobku. Zvolený typ spracovania nám udá základný povrch, ktorý bude nutné ďalej opracovávať, alebo budú jeho vlastnosti odpovedať požiadavkám.

Lisovanie: Lisovaním sa spracávajú plastické hmoty vo formách pôsobením tlaku za normálnej, alebo najčastejšie zvýšenej teploty. Lisuje sa nízkym, alebo vysokým tlakom. Pri nízko tlakovom lisovaní sa lisuje tlakom až do 35 kg/cm^2 a spracávajú sa ním hlavne polyesterové pryskyřice. Pri vysoko tlakom lisovaní sú tlaky podstatne vyššie, pohybujú sa od 35 do 1000 kg/cm^2 . K lisovaniu sa používa predovšetkým hydraulické, prípadne etážované lisy s ručným, poloautomatickým, alebo plnoautomatickým ovládaním.

Formy na lisovanie sú väčšinou zo špeciálnych cementačných, alebo chrómových ocelí. Vyhrievajú sa parou, prípadne elektricky, na vhodnú lisovaciu teplotu, ktorá sa pohybuje pri spracovaní termosetu väčšinou okolo 160°C

Vstrekovanie: Touto technológiou sa spracávajú predovšetkým termoplastické hmoty. Plastická hmota sa zahrieva na vhodný stupeň tekutosti v zásobníku tlakovej komory, vyhrievanej väčšinou elektricky, odkiaľ sa tryskou vstrekuje do studenej formy, kde ztuhne. Menšie predmety sa vyrábajú jedným pracovným cyklom. Hmota sa rozvedie pomocou kanála do jednotlivých dutín formy. Vstrekovanie patrí k najproduktívnejším spôsobom spracovania plastických hmôt.

Vstrekovaním sa spracováva hlavne polyetylén, polystyrén, polyamid, acetáty, celulózy, a pod. Obdobne sa spracávajú tiež termosety. Rozdiel je len v tom, že z elektricky vyhrievaného zásobníku sa hmota nevstrekuje do studenej, ale zahriatej formy, v nej sa vytvrdnutie pryskyřice dokončí. Vstrekovací otvor máva širší priemer. Pracovný postup sa označuje „*Lisostrek*“, alebo „*nepriame lisovanie*“ a používa sa predovšetkým pri spracovaní termosetu, napr.: fenolitickej pryskyřice, na výrobky s veľmi členitým povrchom. Na výrobu sa používajú plne automatizované hydraulické lisy.

Vytlačovanie: Táto technika je vhodná pre niektoré druhy výrobkov, hlavne pre trubky, tyče rôznych profilov, guľatiny, fólie, a pod. Vytlačovanie prebieha na šnekových vytlačovacích strojoch, ktoré sa v podstate skladajú zo zásobníku, šneku, taviaceho pásma, a vytlačovacej hlavy.

Šnek dopravuje plastickú hmotu otáčavým pohybom zo zásobníka do taviaceho pásma, kde hmota mäkne, až dosiahne vhodný stupeň tekutosti. Odtiaľ ju šnek vytlačuje cez vytlačovaciu hlavu do chladiaceho kúpeľa, kde stuhne, a tým udrží tvar, ktorý získal prechodom tvarovacou hlavou.

Pri výrobe fólií sa používajú kruhové hlavy. Do ich stredu sa privádza tlak vzduchu, kruhovou hlavou sa vytlačuje tenkostenná trubka. Do nej sa fúka, pokiaľ je v plastickom stave, prúd vzduchu, ktorý ju rozširuje. Trubka sa súčasne odťahuje, jej prestrihnutím sa získava fólia dvojnásobnej šírky ako bola šírka trubky.

Najdôležitejšiu časťou vytlačovacieho stroja je šnek. Jeho tvar, stúpanie, a rozteč závitov musí odpovedať spracovávanej hmote.

Liate: Táto technológia je využívaná predovšetkým k plynulej výrobe fólií a filmov. Roztok polyméru v organickom rozpúšťadle alebo jeho disperzii vo vode, sa leje nepretržite na otáčajúci sa bubon alebo nekonečný leštený pás liacieho stroja. Film alebo fólia vzniknú odparením, sušením, prípadne želatináciou. Liatím sa spracovávajú hlavne deriváty celulózy, polystyrén, polymetylmakrylát, polyvinylchlorid v paste a i.

Odlievanie: Pri odlievaní sa plastická hmota v tekutom stave vlieva priamo do formy, kde sa nechá vytvrdnúť, alebo vytuhnúť, a zaujme konečný tvar. Formy môžu byť z rôzneho materiálu, napr.: sadra, drevo, kov, sklo. Najčastejšie sa ochraňujú vrstvou separačného prostriedku, ktorý zabraňuje k nalepeniu liatej hmoty na steny formy. Pryskyřice sa vytvrdzuje za studena pôsobením katalyzátora, alebo zvýšenou teplotou, prípadne oboma.

Odlievaním sa spracovávajú najčastejšie akryláty, fenoplasty a epoxidové pryskyřice. Vyrábajú sa z nich polotovary ako dosky, tyče, profily, výrobky určené pre galantérie a pod. Liata pryskyřice sa tiež používa k zalievaniu najrôznejších predmetov, ako elektrických vodičov, biologických preparátov, nerastov, k príprave modelov a pod.

Máčanie: Máčaním sa vyrábajú tenké predmety, ktoré dostanú tvar z formy na ktorej bol nanesený povlak. V takomto prípade je žiadúca čo najmenšia príľnavosť výrobku k forme. Súvislí povrch sa vytvorí sušením, želatináciou, alebo odparením.

Postupuje sa tak, že forma alebo predmet sa namáčajú do roztoku, pasty, alebo disperzie plastickej hmoty. Po dosiahnutí žiadanej hrúbky vrstvy sa forma vystaví vyššej teplote a po ochladnutí sa vzniknutý povlak z formy stiahne. Pri práci je nutné zachovať niekoľko základných podmienok, aby výrobok bol dokonalý.

Forma sa ponorí do hmoty a vyťahuje sa z nej čo najpomalšie, aby nevznikli vzduchové bublinky, a aby nános bol pokiaľ možné, rovnomerne roznesený. Spracováva sa tak napr.: polyvinylalkohol, nitráty a acetáty celulózy, a i.

Máčanie sa používa tiež pre poťahovanie predmetu alebo foriem tenkou vrstvou plastickej hmoty. Niektoré povlaky vytvárajú trvalú povrchovú úpravu alebo ochranu. Musí teda dokonalo príľnúť k podkladu, čo je opačná požiadavka ako pri klasickom máčaní.

Valcovanie: Týmto výrobným postupom sa najčastejšie vyrábajú fólie. Hmota sa homogenizuje medzi valcami valcovacieho stroja, na nich sa súčasne vytvaruje. Takýmto systémom sa môžu vyrábať aj fólie s vytlačeným povrchom.

Valcovacie stroje sú určené výhradne pre spracovanie termoplastov, ako napr.: polyvinylchlorid, polyetylén, a i. Valcovacie stroje majú dva alebo viac valcov z lešteného kovu. Tieto valce sú vyhrievané horúcou vodou, alebo parou. Sú vzájomne nastaviteľné. Fólie vyrobené technológiou valcovania majú vždy väčšiu pevnosť po smere ťahania fólie.

Nanášanie: Plasticke hmoty vo forme disperzie, emulzie, pasty, roztoku v organických rozpúšťadlách, prípadne vo forme prášku, alebo taveniny sa môžu nanášať na rôzne materiály. Ako napr.: textil, papier, kov, a pod.

Táto technológia sa používa k výrobe umelých koží, dopravných pásov, podkladových krytín, nepremokavých látok a pod. K nanášaniam disperzií, emulzií a roztokov sa používajú nanášacie stroje so sušiarňou. Nanášacie valce, striekacie pištole, vyhrievané kúpele, štetce, štetky, a pod. Súvislý film sa vytvorí odparením rozpúšťadla, želatináciou, alebo polymerizáciou. Zvyčajne sa pracuje za zvýšenej teploty.

Taveniny plastických hmôt alebo plastické hmoty v plastickom stave, termoplastické, aj termoreaktivne sa spracovávajú takmer súčasne s chladnutím hmoty.

Existuje niekoľko možných postupov nanášania:

- Nanášanie taveniny s kúpeľa
- Žiarové striekanie (šopovanie)
- Vírivé nanášanie (fluidné)

Tvarovanie: Tvarovanie je spracovateľská technológia, kde sa spracovávajú niektoré polotovary termoplastických hmôt (hlavne: fólie, trubky, dosky, profily a pod.), na najrôznejšie technické výrobky a predmety dennej potreby. Využíva sa termoplastický charakter hmôt. Najčastejšie sa tvaruje ťahaním, fúkaním, preťahovaním a ohýbaním.

Pri vákuovom tvarovaní sa termoplastické dosky alebo fólie tvarujú podtlakom, vytváraným odčerpaním vzduchu z uzatvoreného priestoru medzi formou a predohriatou doskou z plastickej hmoty. Je to najpoužívanejší spôsob tvarovania fólií. Pri vyfukovaní plastických hmôt sa postupuje obdobne ako pri výrobe dutých sklenených predmetov.

Do formy sa vložia dve fólie vhodnej veľkosti a forma sa uzavrie. Po prehriatí sa medzi fólie naženie tlak vzduchu. Z termoplastických fólií sa veľmi ľahko tvarujú drobné reliéfy a výlisky.

Ohýbaním sa spracovávajú predovšetkým dosky, trubky, tyče z polyvinylchloridu, polymetylmetakrylátu, a pod. Ohýbaním sa vytvárajú ostré, alebo oblé hrany, prípadne plochy. Hmota sa predhreje na správnu teplotu, ktorá sa pohybuje od 90°C do 150°C. Plastické hmoty sa ohýbajú podobne ako kovy na prípravkoch z dreva, z vrstvených hmôt, a pod.^[4.]

1.11 Obrábanie plastických hmôt

Vo väčšine prípadov sa plastické hmoty obrábajú rovnako ako kovy. Najzákladnejšie typy obrábaní sú: vŕtanie, hobľovanie, obrážanie, pílenie, frézovanie, sústruženie, a i. K opracovávaniu sa tiež používajú rovnaké stroje a nástroje, medzi tieto zariadenia patria napr.: rýchlobežné sústruhy, štandardné konštrukcie listových, pásových a ručných píl z rýchloreznej legovanej ocele. Ako ďalšie spomeniem napr.: univerzálne kovoobrábacie frézy, hoblíky, vŕtačky, obrážačky a i.

Pri voľbe strojov, nástrojov a celých technológií sa nesmie zabúdať na niektoré zvláštne vlastnosti plastov a plastických hmôt. Celý spôsob obrábania sa musí prispôbiť práve jednotlivým správaniam. Všeobecne platí, že obrábacie nástroje musia byť: ostré, s trvanlivým ostrím, tvrdé.

Je všeobecne známe a pravdivé, že plastické hmoty sú veľmi zlým tepelným vodičom. Teplo vzniknuté pri obrábaní len veľmi málo odvádza trieska, väčšia časť je spotrebovaná nástrojom, ktorý sa pri pôsobení vysokej teploty viac namáha oproti obrábaniu kovovej súčiastky, kde veľká časť tepla odchádza s trieskou.

Teplo vzniknuté trením sa dá eliminovať znížením tlaku a rýchlosti posuvu obrábacieho nástroja, ktorý musí byť čo najostrejší. K chladeniu sa využívajú predovšetkým oleje, emulzie, tlak vzduchu a v neposlednom rade voda. Avšak niektoré materiály pri dlhodobom pôsobení vody bobtnajú, strácajú mechanický tvar a pevnosť. Aby sa tomu zabránilo využíva sa na chladenie olej, olejová hmla, prípadne tlak vzduchu.

Pri obrábaní nesmieme zabudnúť ani na správne upnutie výrobku, aby nedošlo k znehodnoteniu výrobku ešte pred začatím opracovávania. Plastické hmoty sú omnoho mäkkšie ako kovy a treba byť opatrný pri voľbe upínacích zariadení. Ako veľmi vhodné sa prejavili vložky z dreva, prípadne z pryskyřice, plsti a podobných materiálov.

Povrchová úprava: Pod pojmom povrchová úprava rozumieme predovšetkým: farbenie, lakovanie, dezénovanie, potlač, popráškovanie, pokovovanie, brúsenie, leštenie a i.

Farbenie: Pri plastických hmotách mení farbu najčastejšie výrobca ešte vo výrobnom procese. V niektorých prípadoch je konečnému spotrebiteľovi umožnené meniť farbu dodatočne. Základným predpokladom pre vykonanie takejto zmeny je, že povrch výrobku musí umožňovať absorbovanie farbiva. Povrchovo sa farbía len termoplasty. Najčastejšie vodnými, alebo liehovými roztokmi organických farieb za normálnej prípadne zvýšenej teploty. Teplota kúpeľa nikdy nesmie prekročiť teplotu tvarovej stálosti plastickej hmoty. V opačnom prípade by mohlo dôjsť k znehodnoteniu funkčnosti, mechanických a tvarových vlastností výrobku.

Lakovanie: Plastické hmoty je možné rovnako lakovať. Na povrch sa nanáša tenká vrstva, z ktorej odparením rozpúšťadla, polymerizáciou, prípadne vypálením, vznikne súvislý, lesklý film. Používajú sa predovšetkým rýchloschnúce nitrolaky, prípadne laky, na báze nitrátu celulózy, polymetylmakrylátu, syntetického šelaku a pod. Po lakovaní je povrch lesklý, bez potreby ďalšieho leštenia. V niektorých prípadoch sa lakovanie používa na opravu poškodených miest po leštení.

Potlačovanie: Pri potlačovaní sa nanáša farba na povrch plastickej hmoty v predom určitých presných vzoroch. Vykonáva sa hlbkotlačom, tlačением z výšky, prenášaním ale aj využitím filmového tlačenia. Potlačuje sa predovšetkým povrch mäkkých fólií na výrobu napr.: záclon, závesov, obrusov, a obalov.

Dezénovanie: Dezénovanie je vlastne pretláčanie profilového vzoru do povrchu plastickej hmoty, čím sa určuje povrch výrobku. Dezénovanie sa využíva predovšetkým na úpravu mäkkých termoplastických fólií, napr.: mäkkého polyvinylchloridu, alebo polyetylénu. Týmto spôsobom sa vyrábajú napodobeniny najrôznejších tvarov a druhov koží, ako napr.: krokodíla, jašteričia, a i.

Poprašovanie: Počas poprašovania sa nanáša na povrch plastických hmôt tenká vrstva práškových materiálov, alebo krátkych vlákien. Tento spôsob povrchových úprav sa využíva predovšetkým pri úprave povrchu fólií, dosiek a niektorých tvarovaných predmetov. Dosahuje sa tým výsledný efekt vzhľadu koženého semišu, prípadne textilného plyšu. Tento spôsob povrchovej úpravy sa nazýva aj semišovanie, alebo plyšovanie.

Brúsenie: Pri plastických hmotách ako termosety a termoplasty, sa brúsenie obmedzuje na minimum. Brúšia sa predovšetkým hrany dosiek, konce trubiek a tyčí, zvyšky pretokov na výliskoch a i. Používajú sa brúsne papiere a plátna, plstené a látkové kotúče s nánosom brúsnej pasty. Termoplasty sa brúšia za mokra, aby nenastalo miestne prehriatie, ktoré by malo za následok znehodnotenie materiálu.

Leštenie: Leštením plastických hmôt sa predovšetkým uhladzuje povrch, jeho vzhľad je závislý hlavne na spôsobe spracovania. Ďalšou možnosťou využitia leštenia je vyrovnanie nerovností povrchu výrobku. Výlisky sú väčšinou lesklé, takže jediné využívanie leštenia je na miestach vtoku, pretoku prípadne poškodené miesta. Každému lešteniu predchádza brúsenie, a to najskôr na hrubo, následne na jemno, potom nasleduje predleštenie, a až na konci celého postupu nasleduje konečné doleštenie.

Pokovovanie: Pri pokovovaní sa na obrábaný povrch plastických hmôt nanáša tenká vrstva kovu. Pokovovanie môže byť buď: chemicky, galvanicky, vákuovým odparovaním postrekovaním prípadne nanášaním. Pri pokovovaní sa na hotových výrobkoch vytvárajú dekoratívne, vodivé, alebo reflexné povlaky. ^[4.]

2 MERANIE NA TALYSURF CLI 500

2.1 Popis snímača

TALYSURF CLI 500 je univerzálny systém merania textúry povrchu s jedným snímačom a malou snímacou kapacitou. Merací priestor je 50 x 50 x 50 mm. Ide o 3D snímač. Prístroje TALYSURF CLI sú vysoko účinné meracie prostriedky k prevádzke rýchleho priestorového merania a hodnotenia povrchu s vysokým rozlíšením. Systém CLI ponúka možnosti merania a analýzy povrchu v troch osách, s využitím dotykového, alebo bezdotykového merania. Ide o ľahko ovládateľné a výkonné meracie prístroje, vhodné aj pre kontrolu veľkého počtu súčastí. Sú pripravené vykonávať analýzu dát pri hodnotení štruktúry povrchu z jedného profilu rezu (2D), ale aj profilu plochy povrchu (3D).

Vysvetlenie skratky CLA

CLA - (Chromatic Length Aberration) snímač

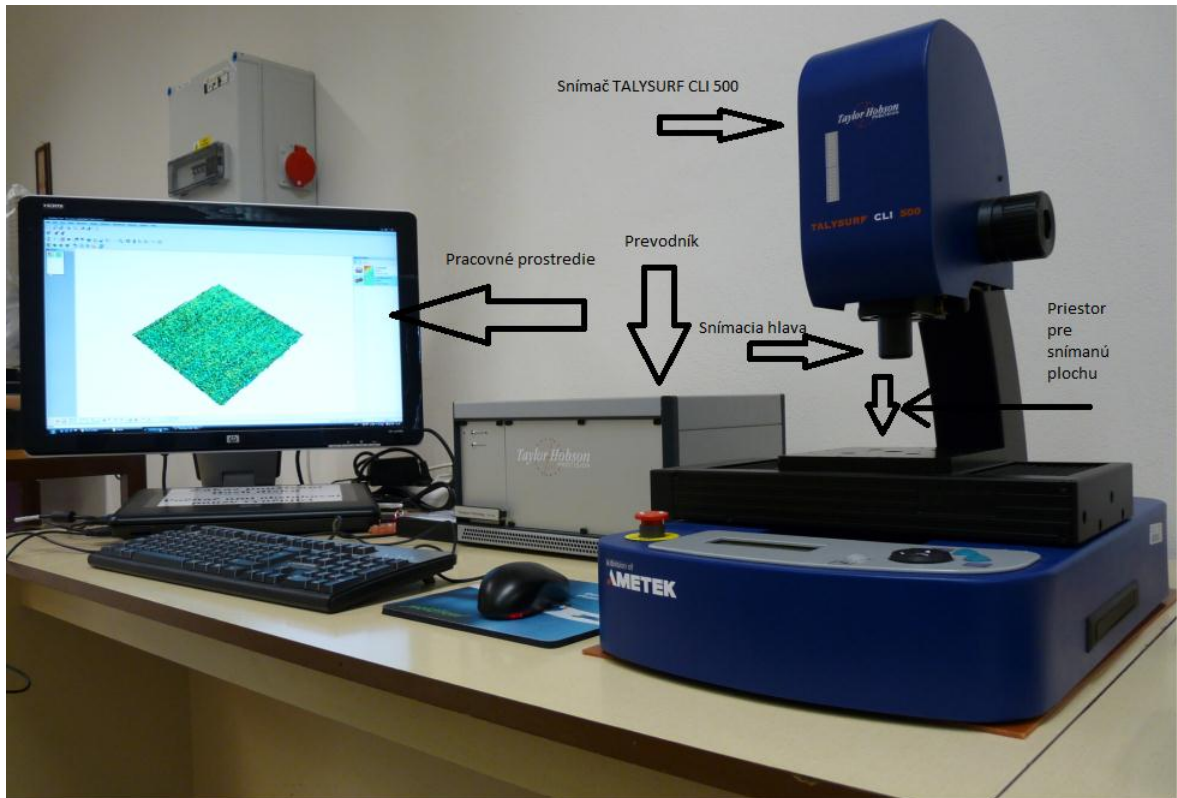
- Vysokopresný bezkontaktný snímač
 - rozsah 300 μm s vertikálnym rozlíšením 10 nm
 - rozsah 1 μm s vertikálnym rozlíšením 30 nm
 - rozsah 3 μm s vertikálnym rozlíšením 100 nm.

Laserový triangulačný snímač

- rýchly bezkontaktný snímač
 - Triangulačný laser 10 mm s vertikálnym rozlíšením 1 μm
 - Triangulačný laser 30 mm s vertikálnym rozlíšením 3 μm .

Indukčný snímač

- Kontaktný snímač s dobrou presnosťou
 - Rozsah 2,5 mm s vertikálnym rozlíšením 40 nm.^[5.]

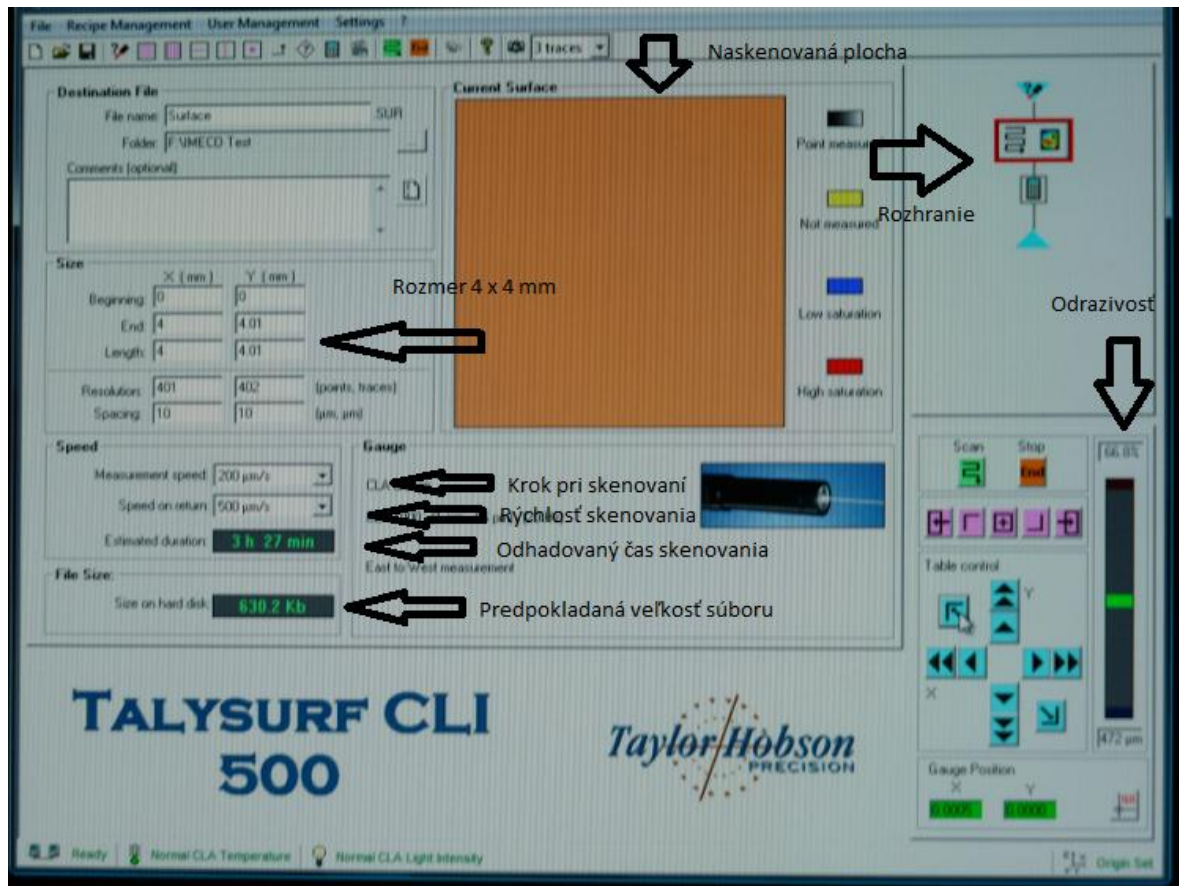


Obr. 11. Talysurf CLI 500.

2.2 Prepojenie a nastavenie snímača CLI 500

Na prepojenie snímača s počítačom sa používa intuitívne používateľské prepojenie, špecializovaný systém 3D analýz. Ide o výkonný intuitívny prepojovací software. Tento software umožňuje :

- jednoduché nastavenie a kalibráciu snímača,
- spracováva dátové súbory, meranie v 2D alebo v 3D,
- nastavenie plochy snímania a rozteč dát,
- jednoduché zostavenie programu,
- môže obsahovať synchronizačné elementy,
- zobrazuje meraný súbor dát v reálnom čase.



Obr. 12. Software na prácu z Talysurf CLI 500.

2.3 Spracovávanie dát pomocou Talymap GOLD

Ide o špecializovaný software určený predovšetkým pre 3D analýzy. Tento software ponúka rozsiahle funkčné možnosti:

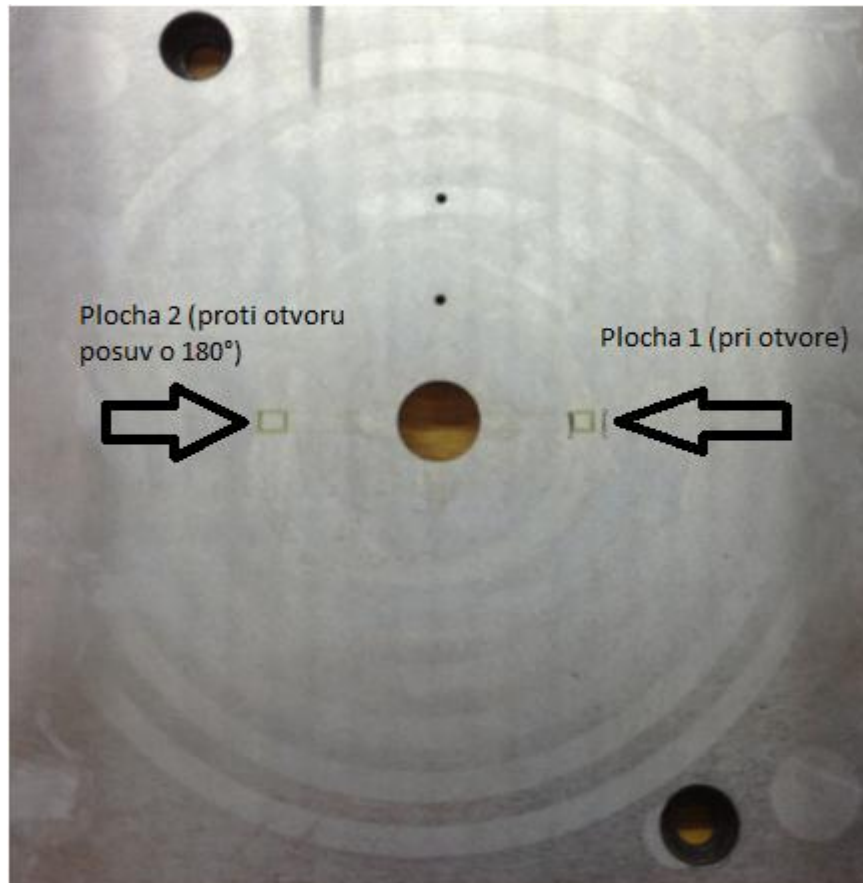
- Vyrovnávanie súboru dát.
- Vytvorenie zrkadlového obrazu súboru dát.
- Detailne spracovávať časť súboru dát.
- Otáčanie súboru dát.
- Vybratie profilu z 3D a jeho hodnotenie pre 2D.
- Nastavenie hornej a dolnej medze pre súboru dát.
- Priame porovnanie dvoch súborov s využitím ich odčítania.
- Meranie objemu, plochy, výšky stupňa a vzdialenosti.^[5.]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 ÚLOHA

Základnou úlohou mojej diplomovej práce bolo zodpovedať niekoľko otázok. Znenie základnej a hlavnej otázky na ktorú hľadám odpoveď je:

„Zistite vplyv tlaku a polohy od tlačovanej plochy kvality polymérneho výrobku pri tlakoch 40 a 80 baroch a polohách na ploche dosky vid' obrázok(Obr.13).“



Obr.13. Brúsená plocha dosky, zobrazujúca označené snímané plochy.

Ďalšou otázkou na ktorú hľadám odpoveď je:

„Zistite zhodu kvality povrchu v pozdĺžnom a priečnom smere, pri rôznych typoch plôch, rôznych umiestneniach a rôznych tlakoch.“

4 SNÍMANIE

V tejto časti sa zameriam na presný postup snímania dát. Od nastavenia CLI 500 po spracovanie dát v softwari Talymap GOLD, až po vyhodnocovanie dát v štatistickom softwari Minitab 14. Každý krok postupne popíšem a doložím obrázkom. Všetky ostatné nasnímané a spracovávané dáta budú umiestnené v tabuľkách a doložené na CD nosiči.













4.1 Postup pri snímaní

1. Kalibrácia meradla a kontrola funkčnosti posuvu
2. Nastavenie paprsku na začiatok bodu kde sa bude snímať
3. Nastavenie softwaru na údaje:
 - a. Snímaná plocha - 4 x 4 mm.
 - b. Krok pri snímaní - 200 $\mu\text{m/s}$.
 - c. Rýchlosť snímania - 500 $\mu\text{m/s}$.
 - d. Odrazivosť minimum 20%.
4. Snímanie:
 - a. Snímanie plochy 4 x 4 mm trvalo 3,27 hod.
 - b. Na dĺžku a na šírku bolo vykonaných po 400 meraní s krokom 10 μm .
5. Optická kontrola plôch za rovnakých podmienok

Tento postup bol opakovaný:

- 2 krát frézovaná plocha
 - o 1 krát na stanovenom mieste
 - o 1 krát s posunom o 180°
- 2 krát brúsená plocha
 - o 1 krát na stanovenom mieste
 - o 1 krát s posunom o 180°
- 4 krát na polymérom otláčku frézovanej plochy
 - o 1 krát na stanovenom mieste pri použitom tlaku 40 Bar
 - o 1 krát s posunom o 180° pri použitom tlaku 40 Bar
 - o 1 krát na stanovenom mieste pri použitom tlaku 80 Bar
 - o 1 krát s posunom o 180° pri použitom tlaku 80 Bar

- 4 krát na polymérom otláčku brúsenej plochy
 - o 1 krát na stanovenom mieste pri použitom tlaku 40 Bar
 - o 1 krát s posunom o 180° pri použitom tlaku 40 Bar
 - o 1 krát na stanovenom mieste pri použitom tlaku 80 Bar
 - o 1 krát s posunom o 180° pri použitom tlaku 80 Bar

 Brousena_deska_4x4_1_proti_otvoru.mnt	22. 3. 2012 14:37	Súbor MNT	1 911 kB
 Brousena_deska_4x4_1_otvor.mnt	22. 3. 2012 14:25	Súbor MNT	1 878 kB
 Brouseni_Polymer_4x4_1_proti_otvoru_80...	15. 3. 2012 10:21	Súbor MNT	1 667 kB
 Brouseni_Polymer_4x4_1_otvor_40baru.mnt	22. 3. 2012 14:00	Súbor MNT	1 857 kB
 Brouseni_Polymer_4x4_1_otvor_80baru.mnt	15. 3. 2012 13:21	Súbor MNT	1 853 kB
 Brouseni_Polymer_4x4_proti_otvoru_40ba...	15. 3. 2012 12:38	Súbor MNT	1 879 kB
 Frezovana_deska_4x4_1_otvor.mnt	22. 3. 2012 13:26	Súbor MNT	1 924 kB
 Frezovana_deska_4x4_proti_otvoru.mnt	22. 3. 2012 13:15	Súbor MNT	1 906 kB
 Frezovani_Polymer_4x4_1_otvor_40baru.mnt	22. 3. 2012 13:06	Súbor MNT	1 907 kB
 Frezovani_Polymer_4x4_1_otvor_80baru.mnt	22. 3. 2012 12:36	Súbor MNT	1 901 kB
 Frezovani_Polymer_4x4_proti_otvoru_40b...	22. 3. 2012 11:06	Súbor MNT	1 898 kB
 Frezovani_Polymer_4x4_proti_otvoru_80b...	22. 3. 2012 11:47	Súbor MNT	1 900 kB

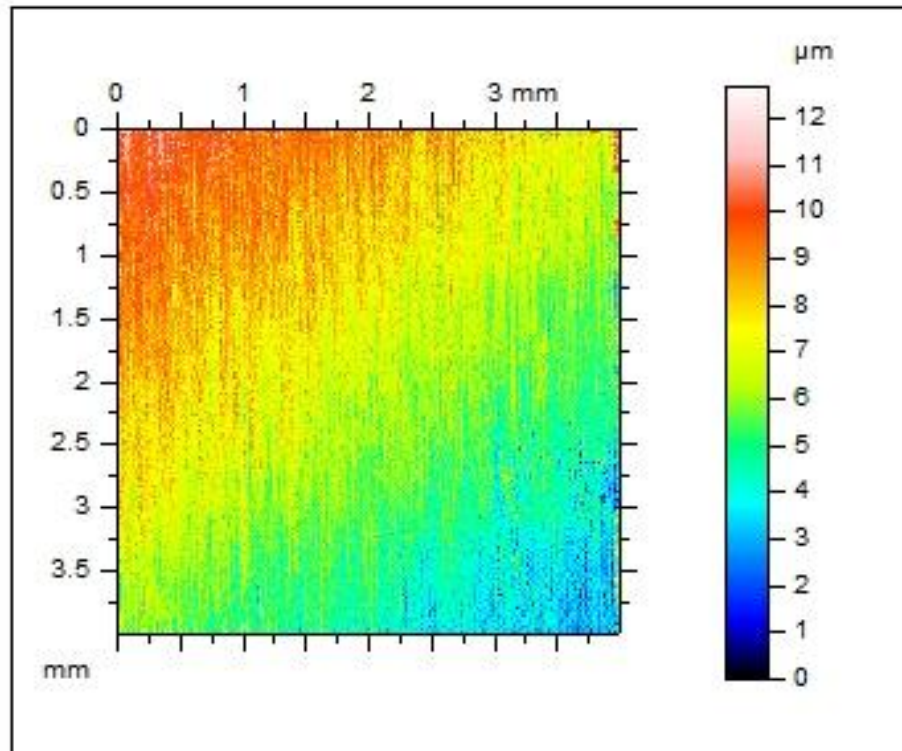
Obr. 14. Zoznam nasnímaných povrchov.

4.2 Postup spracovania údajov v softwari Talymap GOLD

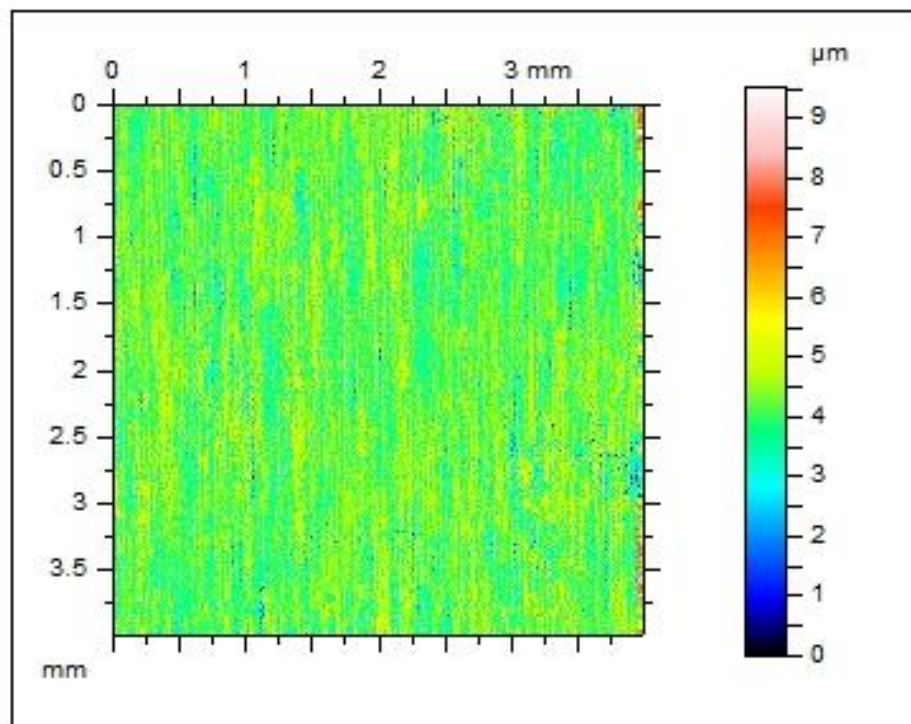
V tejto časti vytvorím zoznam doložený fotodokumentáciou. Tento očíslovaný zoznam bude obsahovať presný postup pre získanie výsledných dát upravených na nasledujúce spracovanie. Presné čísla spolu so všetkými potrebnými dátami, grafmi a charakteristikami, rozdelené podľa typov plôch, tlakov,... je uložený v kópii na CD ako príloha.

1. Vezmem nasnímanú plochu snímačom Talysurf CLI 500. Konkrétne ide o brúsenú dosku, a plocha posunutá o 180°, snímaná plocha má reálny rozmer 4 x 4 mm. Nasnímaná plocha je označená Obr. 15.

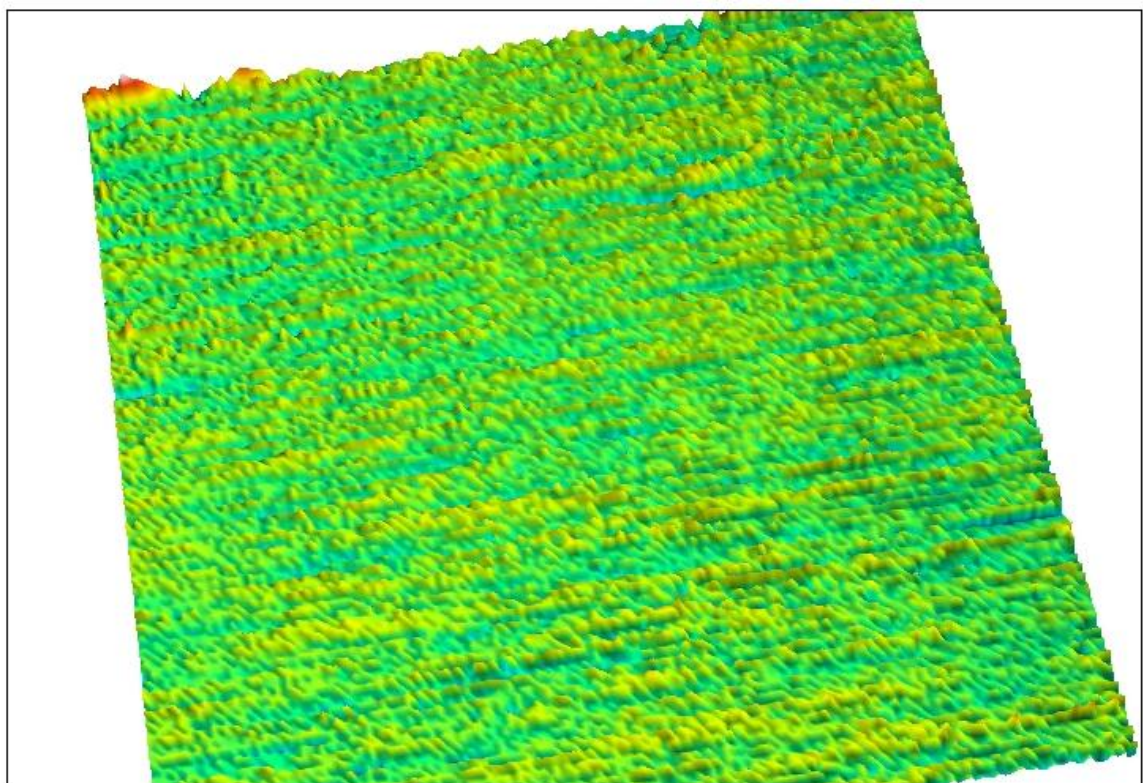
2. Nasnímanú plochu prekladám pomocou metódy najmenších štvorcov. Dostanem ďalšiu plochu tzv. vyrovnanú. Je označená Obr. 16. Využívam funkciu Leveling v softwari Talymap GOLD.
3. Z vyrovnanej plochy dostanem 3D profil využitím 3D VIEW funkcie softwaru Talymap GOLD. Označenie 3D profilu je Obr. 17.



Obr. 15. Nasnímaná plocha snímačom CLI 500.

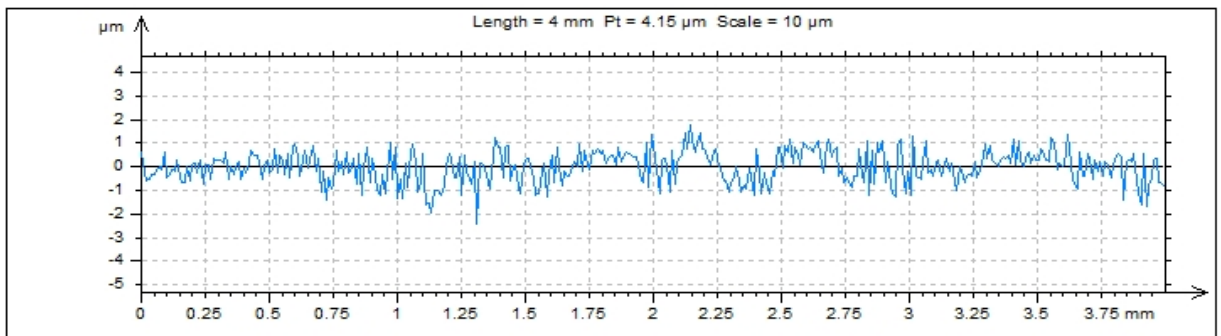


Obr. 16. Vyrovnaná plocha.



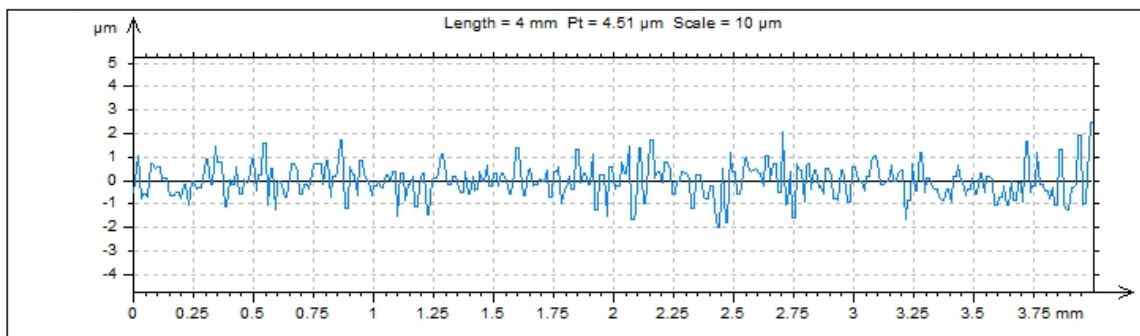
Obr. 17. 3D profil.

- Po označení Obr. 16. tzv. vyrovnané plochy, využitím funkcie „Profile extraction“ si rozdelím plochu na 30 dielikov s krokom po 0,13 μm . Teda dostanem z každej plochy 30 dielikov a to najskôr smer Sever \rightarrow Juh, a potom Východ \rightarrow Západ. Každú plochu rozdelím celkovo na 60 jednotlivých častí. Jedna z takýchto častí vyzerá nasledovne: ide o krok 0,13 μm , v smere Sever \rightarrow Juh. Označená Obr. 18. Extrahovaná plocha smer Sever \rightarrow Východ.



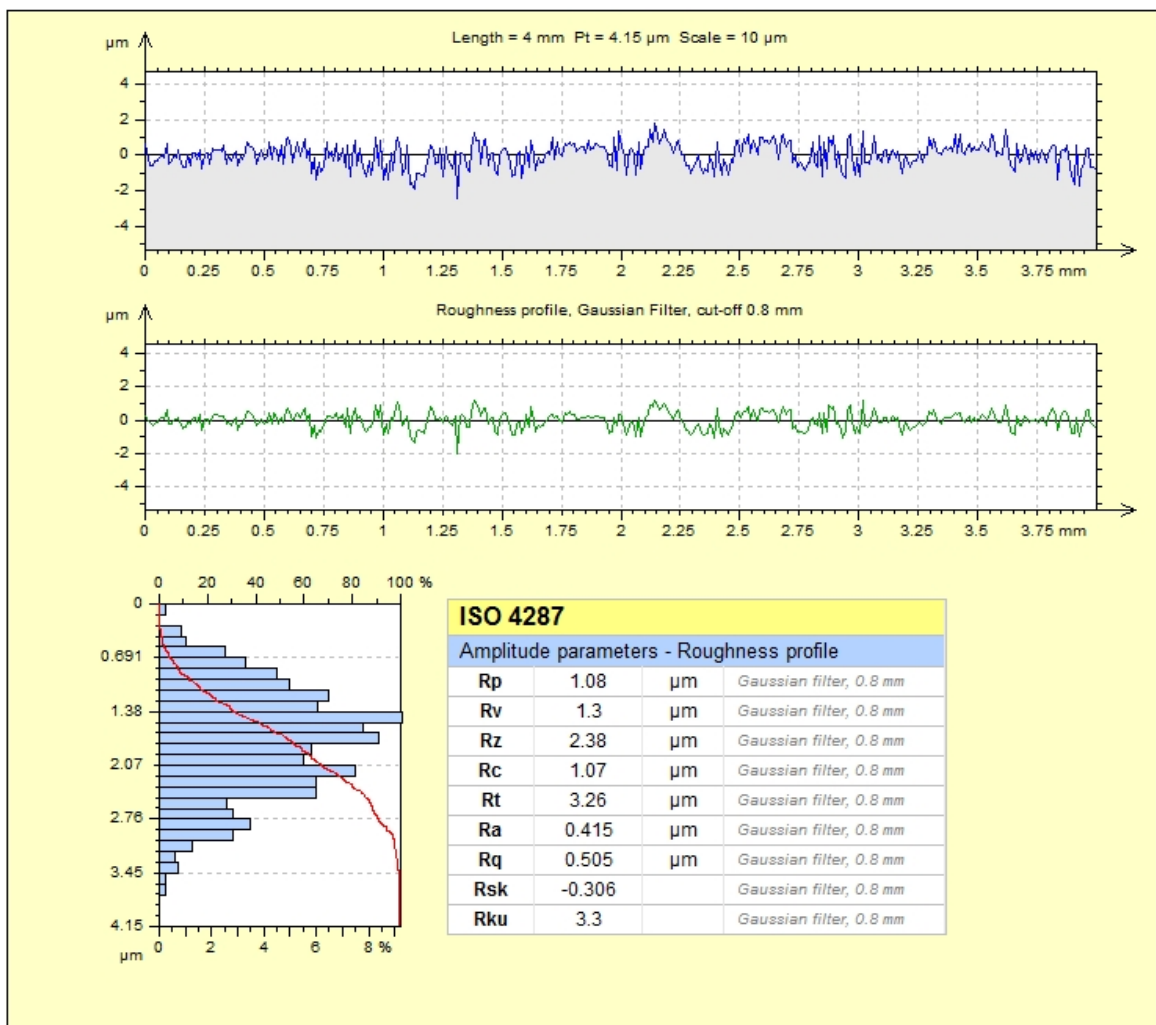
Obr. 18. Extrahovaná plocha smer Sever \rightarrow Juh.

- Po vykonaní tridsiatich rozdelení plochy v smere Sever \rightarrow Juh. Nasleduje ďalších 30 v smere Východ \rightarrow Západ. Ide o krok 0,13 μm , v smere Východ \rightarrow Západ. Označená Obr. 19. Extrahovaná plocha smer Východ \rightarrow Západ.



Obr. 19. Extrahovaná plocha smer Východ \rightarrow Západ.

6. Po kompletom extrahovaní nasleduje: 2D analýza drsnosti z každej extrahovanej časti. Vykonáva sa použitím funkcie „2D Roughness analysis“. Opäť dostaneme tridsať 2D analýz z každého smeru. Každú analýzu rovno upravíme tak, že dáme zobrazíť len údaje ktoré nás zaujímajú. V našom prípade sú to: R_p , R_v , R_z , R_c , R_t , R_a , R_q , R_{sk} , R_{ku} . 2D analýza drsnosti pre prvý krok $0,13 \mu\text{m}$ v smere Sever -> Juh teda vyzerá nasledovne. Je označená Obr. 20. 2D analýza drsnosti pre smer Sever -> Juh. S ohľadom na skutočnosť, že z pohľadu na dve 2D analýzy drsnosti veľa človek nevidí, zobrazím len jednu. Komplet 2D analýzy sú opäť umiestnené na CD a to v PDF, ale aj v programe Talymap, aby sa s dátami dalo ďalej pracovať.



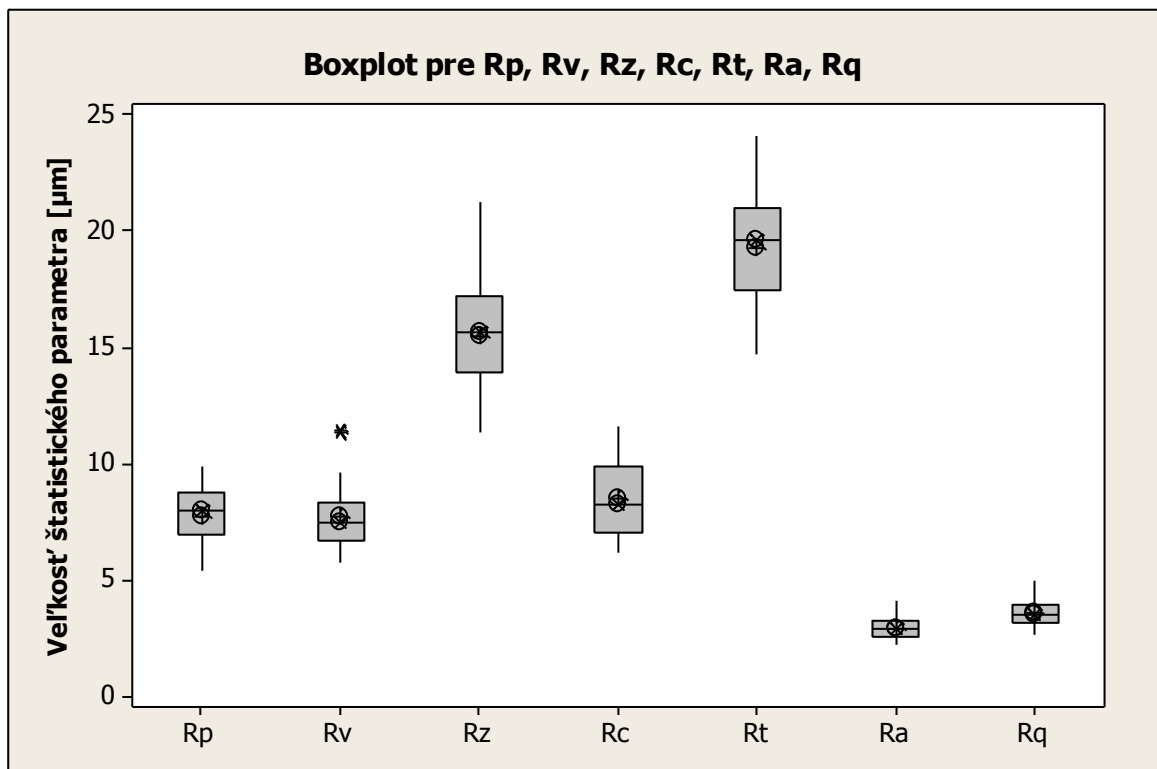
Obr. 20. 2D analýza drsnosti pre smer Sever -> Juh.

7. Všetky tieto 2D analýzy drsnosti boli spracované a vybrané dáta pretransformované do tvaru, ktorý je akceptovateľný štatistickým programom MINITAB verzie 14. To znamená, že jednotlivé dáta boli prepísané a rozdelené podľa jednotlivých typov. Keďže Minitab verzie 14 nie je schopný brať desatinnú bodku do úvahy, bolo nutné dáta ďalej upravovať a bodku nahradiť čiarkou. Ako príklad uvediem vzniknutú tabuľku, ktorá je v tvare, ktorý je akceptovateľný Minitabom. Takáto tabuľka je pre smer Sever -> Juh, ale aj Východ-> Západ. Je označená Obr. 21. Tabuľka zozbieraných a transformovaných dát. Konkrétne je táto tabuľka pre brúsenú dosku, plocha posunutá o 180° a pre smer Sever -> Juh.

Obr. 21. Tabuľka zozbieraných a transformovaných dát.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Brusena doska 4x4 1 proti otvoru north - south								
2	Rp	Rv	Rz	Rc	Rt	Ra	Rq	Rsk	Rku
3	1,08	1,3	2,38	1,07	3,26	0,415	0,505	-0,306	3,3
4	0,847	1,04	1,89	0,867	2,52	0,325	0,397	-0,148	2,97
5	0,91	1,17	2,08	0,807	2,63	0,283	0,366	-0,106	4,15
6	1,04	1,1	2,14	0,888	2,91	0,297	0,381	-0,0701	4,38
7	1,08	1,13	2,21	1,08	2,97	0,393	0,473	0,0153	4,28
8	1,2	1,16	2,36	1,07	2,87	0,369	0,464	-0,161	3,28
9	1,05	0,975	2,03	0,873	2,92	0,314	0,398	0,483	4,47
10	1,05	1,1	2,15	0,878	3,46	0,333	0,424	-0,137	4,41
11	0,726	0,787	1,51	0,686	1,81	0,244	0,31	0,152	3,33
12	1,07	1,02	2,08	1,05	2,66	0,38	0,463	-0,0217	3,38
13	0,868	0,969	1,84	0,909	2,49	0,292	0,368	-0,466	5,18
14	0,933	0,894	1,83	0,974	2,36	0,347	0,427	-0,116	2,68
15	0,937	0,867	1,8	0,819	3,14	0,272	0,347	0,133	3,42
16	0,898	0,735	1,63	0,898	3,06	0,269	0,34	0,295	3,74
17	0,853	0,871	1,72	0,832	2,23	0,296	0,369	-0,136	3,5
18	1,08	0,951	2,03	0,923	2,58	0,337	0,42	0,272	3,38
19	1,02	1,26	2,28	0,958	2,99	0,358	0,453	-0,378	4,28
20	1,05	0,896	1,94	0,89	2,8	0,331	0,416	0,216	4,6
21	0,852	0,8	1,65	0,934	2,55	0,294	0,36	0,0365	2,61
22	0,918	0,986	1,9	0,788	2,5	0,325	0,378	-0,167	3,9
23	0,898	1,18	2,08	0,887	2,9	0,296	0,419	-0,405	4,66
24	0,986	1,04	2,03	1,01	2,8	0,346	0,434	0,00552	3,04
25	1,03	0,913	1,94	0,858	2,37	0,311	0,386	0,109	3,13
26	0,875	0,943	1,82	0,926	2,24	0,328	0,404	-0,0285	2,85
27	1,59	1,1	2,69	1,11	3,42	0,346	0,457	0,694	5,48
28	1,26	1,14	2,4	0,869	3,95	0,284	0,383	0,0674	8,05
29	1,23	1,11	2,34	0,887	2,96	0,32	0,416	-0,0154	4,26
30	1,07	1,02	2,09	1,09	2,6	0,335	0,414	0,0119	3,1
31	1,07	1,1	2,17	0,932	3,26	0,329	0,421	-0,128	3,93
32	1,27	1,26	2,53	1,12	3,92	0,373	0,477	-0,252	5,71

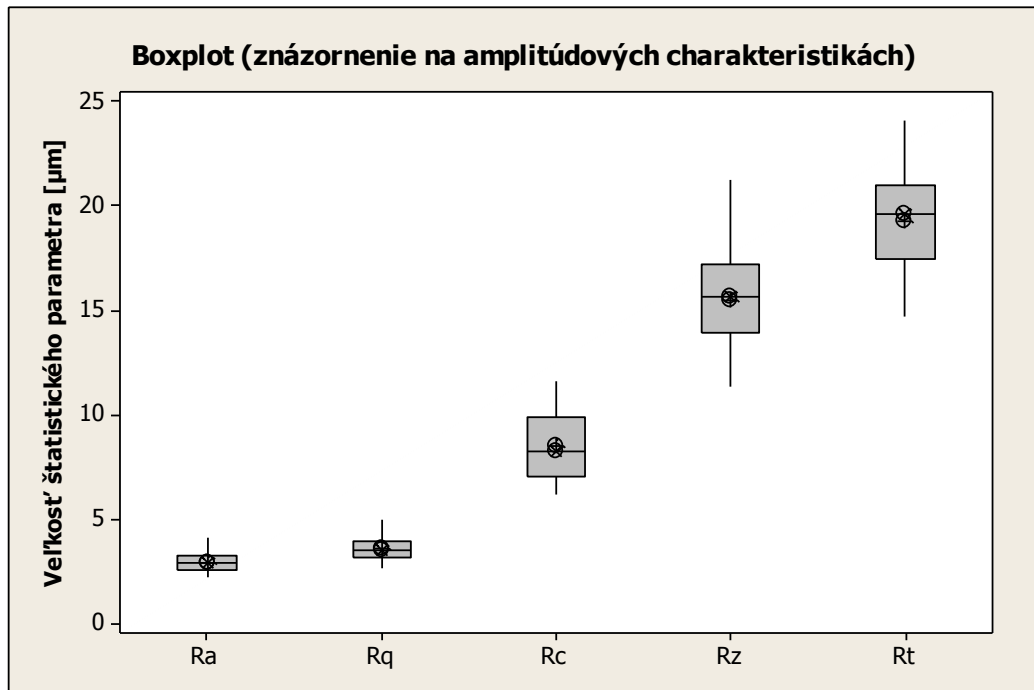
8. Tieto dáta boli vložené do štatistického programu MINITAB verzie 14 ktorá je nainštalovaná na PC v školských laboratóriách.
9. Prvým krokom, v mnou používanom softwari bolo zistenie, či sa v dátach nenachádza vychýlená hodnota. Bola vykonaná kontrola nameraných dát využitím Boxplotového diagramu. Celý príklad budem aplikovať pre frézovanú dosku, plochy 4 x 4 mm, pri otvore. Na vložnom Obr. 22. je Boxplot pre všetky nasnímané dáta pre túto plochu.



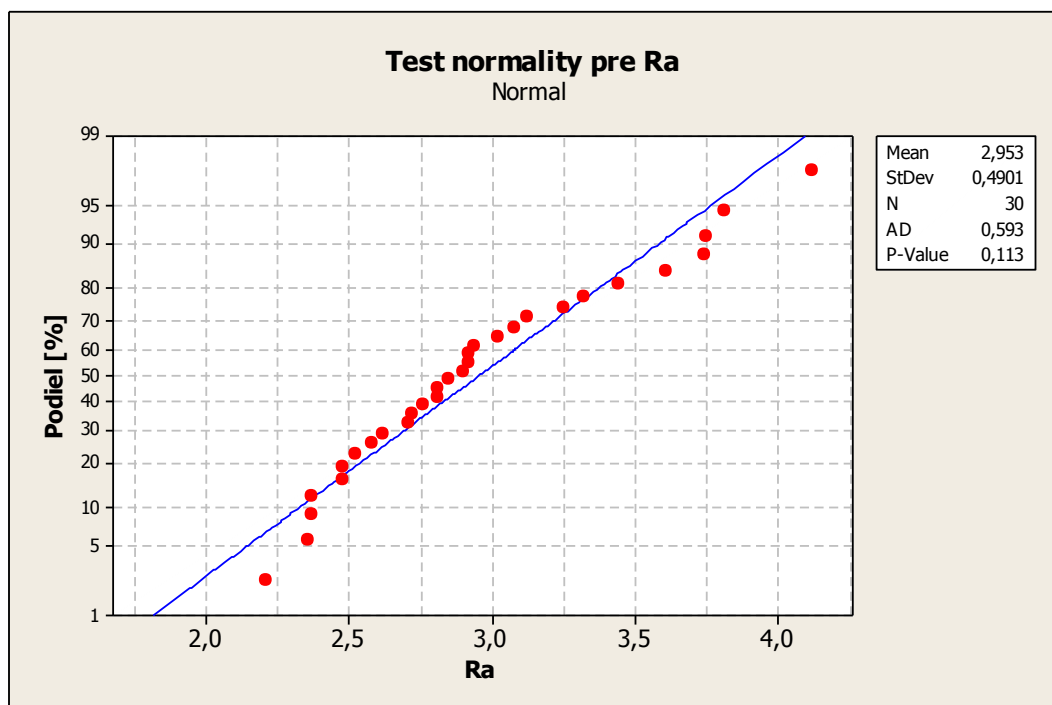
Obr. 22. Boxplot pre frézovanú dosku.

10. Na Obr. 22. je viditeľná jedna extrémna hodnota pri Rv. S ohľadom na fakt, že hodnota Rt v sebe skrýva hodnoty Rp a Rv tak som tieto hodnoty vypustil a pracujem len s hodnotami Ra, Rq, Rc, Rz, Rt.
11. Z Obr. 23. je jasne vidieť, že vychýlená hodnota, ktorá bola zaznamenaná pri Rv, sa zmestila do rozptylu Rt. A je jasne vidieť, že sa v tomto Boxplote nenachádza ani žiadna iná vychýlená hodnota.
12. Mojim následným krokom je testovanie normality dát a zistenie sily tohto testu pomocou P hodnoty. Príklad takéhoto testu je uvedený na Obr. 24.

13. Na základe spracovania všetkých dát vzniklo viacero testov ako je Obr. 24. Bolo nutné vytvoriť tabuľku, ktorá by bola prehľadnejšia. Ako príklad uvediem Obr. 25. Na tomto obrázku je vidieť tabuľku výsledkov daných testov normalít, rozdelených podľa smerov, tlakov,... Pri všetkých mojich testoch som použil Anderson – Darlingov test.



Obr. 23. BoxPlot pre frézovanú dosku po vypustení Rp, Rv.



Obr. 24. Testovanie normality dát pre Ra podľa Anderson – Darlingovho testu.

Obr. 25. Tabuľka výsledkov testov normality dát podľa Anderson – Darlingovho testu.

	A	B	C	D	E	F	
1	Frezovaná doska 4 x 4 mm	Sever -> Juh		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota	
2			Ra	x		0,113	
3			Rq	x		0,349	
4			Rc		x	0,028	
5			Rz	x		0,916	
6			Rt	x		0,075	
7		* normalitu dát					
8		Východ -> Západ	Ra	x		0,168	
9			Rq	x		0,297	
10			Rc	x		0,283	
11			Rz	x		0,717	
12			Rt	x		0,339	
13							
14	Otisk 40 barov	Sever -> Juh	Ra	x		0,120	
15			Rq	x		0,132	
16			Rc	x		0,821	
17			Rz	x		0,302	
18			Rt	x		0,563	
19		* normalitu dát					
20		Východ -> Západ	Ra	x		0,786	
21			Rq	x		0,798	
22			Rc	x		0,747	
23			Rz	x		0,589	
24	Rt		x		0,673		
25							
26	Otisk 80 barov	Sever -> Juh	Ra	x		0,380	
27			Rq	x		0,233	
28			Rc	x		0,792	
29			Rz	x		0,067	
30			Rt	x		0,514	
31		* normalitu dát					
32		Východ -> Západ	Ra	x		0,150	
33			Rq	x		0,134	
34			Rc	x		0,139	
35			Rz	x		0,730	
36	Rt		x		0,059		

14. Další krok by mal byť F – Test. Aby som mohol vykonať testovanie hypotéz, musím najskôr spraviť všetky kroky pre smer Východ -> Západ. Tieto kroky sú vytvorené a napálené na CD. Tu sa nimi nebudem zaoberať a prejdem rovno na testovanie štatistických hypotéz.

15. V testovaní hypotéz sa budem zameriavať na 2 otázky:

I. Je zhodná kvalita povrchu pri smere Sever -> Juh a Východ -> Západ?

II. Je zhodná kvalita povrchu pri forme a odtlačku?

16. K prvej otázke ohľadom testovania hypotéz budem testovať, nakoľko je zhodná kvalita povrchu pri smere Sever -> Juh a Východ -> Západ. Prvý nástroj využijem F – Test. Na Obr. 26. je zobrazený F – Test pre dáta Ra - Sever -> Juh a Ra - Východ -> Západ. Z obrázku je jasne vidieť, že test normality dopadol dobre a zhoda pri F - Teste bola 99% a P hodnota je 0,989 čo je tiež 98,9%. Test je dostatočne silný aj s jednou vychýlenou hodnotou.

F-Test	
Test Statistic	0,99
P-Value	0,989

Obr. 26. F - Test pre data Ra.

17. Ako ďalšiu štatistickú metódu na testovanie hypotéz som zvolil T – Test. Na Obr. 27. je presný výstup zo štatistického softwaru MINITAB, kde je vidieť nakoľko sú rovnaké počty kusov, strednej hodnoty, smerodajná odchýlka, ...

Nulová hypotéza má hodnotu – zhodné

Alternatívna hypotéza má hodnotu – rôzne

T – Test pre Ra

Two-Sample T-Test and CI: Ra; Ra_1

Two-sample T for Ra vs Ra_1

	N	Mean	StDev	SE Mean
Ra	30	2,953	0,490	0,089
Ra_1	30	2,528	0,491	0,090

Difference = mu (Ra) - mu (Ra_1)
 Estimate for difference: 0,425
 95% CI for difference: (0,172; 0,679)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 3,36 P-Value = 0,001 DF = 58
 Both use Pooled StDev = 0,4908
 Konfidenčný interval rovný 0,95

Obr. 27. T - Test pre data Ra.

18. Výstupom z F – Testov a T – Testov je tabuľka, kde sú znázornené, ktoré zhody zamietam, a ktoré zhody nezamietam s pravdepodobnosťou 95%. Príklad takejto tabuľky je na Obr. 28. Tabuľka je pre Frézovanú plochu.

Obr. 28. Tabuľka výsledkov pre porovnania smerov Sever -> Juh a Východ -> Západ pri frézovanej ploche a otláčku pri tlakoch 40 a 80 barov.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	T - Test				F - Test				
2			Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota
3	Frézovaná doska	Ra		x	0,001	Ra		x	0,989
4		Rq		x	0,001	Rq		x	0,814
5		Rc		x	0,024	Rc		x	0,295
6		Rz		x	0,000	Rz		x	0,345
7		Rt		x	0,000	Rt		x	0,324
8									
9	Otlisk 40 barov	Ra		x	0,004	Ra		x	0,048
10		Rq		x	0,002	Rq		x	0,132
11		Rc		x	0,014	Rc		x	0,143
12		Rz		x	0,000	Rz		x	0,517
13		Rt		x	0,000	Rt		x	0,85
14									
15	Otlisk 80 barov	Ra		x	0,036	Ra		x	0,055
16		Rq		x	0,039	Rq		x	0,083
17		Rc		x	0,025	Rc		x	0,813
18		Rz		x	0,021	Rz		x	0,110
19		Rt		x	0,04	Rt		x	0,916

19. Odpoveďou na druhú otázku, budú rovnako slúžiť výstupy zo štatistického programu MINITAB. Prvý test bude opäť F – Test. Na Obr. 29. Je F – Test pre porovnanie Ra frézovanej dosky a otisku pri tlaku 40 Barov. Ide o smer Sever -> Juh.

F-Test	
Test Statistic	1,83
P-Value	0,120

Obr. 29. F – Test pre Ra Frézovanej dosky a otisku pri tlaku 40 Bar.

20. Ďalším krokom je T – Test. Výsledkom je Obr. 30. Je to screenshot zo štatistického softvéru MINITAB, kde je vidieť, nakoľko sú rovnaké počty kusov strednej hodnoty, smerodajná odchýlka, ...

Two-Sample T-Test and CI: Ra; Ra_2

Two-sample T for Ra vs Ra_2

	N	Mean	StDev	SE Mean
Ra	30	2,953	0,490	0,089
Ra_2	28	2,752	0,363	0,069

Difference = mu (Ra) - mu (Ra_2)
 Estimate for difference: 0,201
 95% CI for difference: (-0,028; 0,429)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1,76 P-Value = 0,084 DF = 56
 Both use Pooled StDev = 0,4334

Obr. 30. T - Test pre data Ra.

21. Výsledkom z týchto testov je ďalšia tabuľka, ktorá je zobrazená na Obr. 31. Je na nej zobrazený výsledok testovania hypotéz pre zamietnutie, prípadne nezamietnutie zhody dosky a otisku. s pravdepodobnosťou 95%. Ide o plochu pri otvore.

Obr. 31. Výsledok testovania hypotéz pre frézovanú plochu plocha pri otvore.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	T - Test					F - Test			
2	Sever -> Juh								
3		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota	
4	Otk 40 barov	Ra	x		0,084	Ra	x		0,12
5		Rq	x		0,09	Rq	x		0,281
6		Rc	x		0,118	Rc	x		0,971
7		Rz		x	0,000	Rz	x		0,44
8		Rt		x	0,000	Rt	x		0,262
9									
10	Otk 80 barov	Ra	x		0,231	Ra	x		0,979
11		Rq	x		0,129	Rq	x		0,924
12		Rc	x		0,077	Rc		x	0,038
13		Rz		x	0,000	Rz	x		0,331
14		Rt		x	0,000	Rt	x		0,452
15	Východ -> Západ								
16		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota	
17	Otk 40 barov	Ra	x		0,301	Ra	x		0,667
18		Rq	x		0,242	Rq	x		0,5
19		Rc	x		0,516	Rc		x	0,011
20		Rz		x	0,000	Rz	x		0,414
21		Rt		x	0,000	Rt	x		0,974
22									
23	Otk 80 barov	Ra	x		0,673	Ra	x		0,053
24		Rq	x		0,674	Rq	x		0,062
25		Rc	x		0,347	Rc		x	0,004
26		Rz	x		0,053	Rz	x		0,115
27		Rt		x	0,012	Rt	x		0,107

5 VYHODNOTENIE NAMERANÝCH A SPRACOVANÝCH DÁT

V tejto časti sa zameriam predovšetkým na zodpovedanie hlavných otázok:

1. Na koľko je zhoda v kvalite povrchu v smere Sever -> Juh a Východ -> Západ
2. Na koľko je zhoda v kvalite povrchu pri doske (forme) a otisku (otlačku).

Odpoveďou na prvú otázku je Obr. 28. Tabuľka výsledkov pre porovnania smerov Sever -> Juh a Východ -> Západ pri frézovanej ploche a otlačku pri tlakoch 40 a 80 barov.

Z tejto tabuľky jasne vidieť, že podľa T – Testu zamietam zhodu pre všetky drsnosti. Podľa F – Testu zamietam zhodu len v jednom jedinom prípade, a to pri otisku s tlakom 40 Bar a ide o drsnosť Ra, kde P hodnota mala hodnotu 0,048 čo je len o niečo menej ako je postupové kritérium. Hodnota postupového kritéria je 0,05. V tom prípade môžeme s pravdepodobnosťou 95 % , nezamietnuť všetky dáta pre R – Test. Avšak táto tabuľka patrí len pre frézované plochy a plochu pri otvore. Pre frézované plochy a plochu proti otvoru (teda posunutú o 180°) patrí Obr. 32. Tabuľka výsledkov pre porovnanie smerov Sever -> Juh a Východ -> Západ pri frézovanej ploche a otlačku pri tlakoch 40 a 80 barov, pre plochy proti otvoru.

Z dôvodu prehľadnosti vyhodnocovania nasnímaných dát zduplikujem Obr.28.

Obr. 28. Tabuľka výsledkov pre porovnania smerov Sever -> Juh a Východ -> Západ pri frézovanej ploche a otlačku pri tlakoch 40 a 80 barov.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	T - Test				F - Test				
2			Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota
3	Frézovaná doska	Ra		x	0,001	Ra		x	0,989
4		Rq		x	0,001	Rq		x	0,814
5		Rc		x	0,024	Rc		x	0,295
6		Rz		x	0,000	Rz		x	0,345
7		Rt		x	0,000	Rt		x	0,324
8									
9	Otisk 40 barov	Ra		x	0,004	Ra		x	0,048
10		Rq		x	0,002	Rq		x	0,132
11		Rc		x	0,014	Rc		x	0,143
12		Rz		x	0,000	Rz		x	0,517
13		Rt		x	0,000	Rt		x	0,85
14									
15	Otisk 80 barov	Ra		x	0,036	Ra		x	0,055
16		Rq		x	0,039	Rq		x	0,083
17		Rc		x	0,025	Rc		x	0,813
18		Rz		x	0,021	Rz		x	0,110
19		Rt		x	0,04	Rt		x	0,916

Obr. 32. Tabuľka výsledkov pre porovnania smerov Sever -> Juh a Východ -> Západ pri frézovanej ploche a otláčku pri tlakoch 40 a 80 barov, pre plochy proti otvoru.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	T - Test				F - Test				
2	Frézovaná doska		Nezamietať	Zamietať	P - Hodnota		Nezamietať	Zamietať	P - Hodnota
3		Ra		x	0,001	Ra	x		0,154
4		Rq		x	0,001	Rq	x		0,346
5		Rc	x		0,112	Rc	x		0,851
6		Rz		x	0,008	Rz	x		0,970
7		Rt	x		0,664	Rt		x	0,030
8									
9	Otlak 40 barov	Ra		x	0,026	Ra	x		0,542
10		Rq		x	0,033	Rq	x		0,637
11		Rc	x		0,092	Rc	x		0,113
12		Rz	x		0,282	Rz	x		0,871
13		Rt		x	0,032	Rt	x		0,821
14									
15	Otlak 80 barov	Ra	x		0,175	Ra	x		0,095
16		Rq	x		0,086	Rq	x		0,486
17		Rc		x	0,043	Rc	x		0,383
18		Rz	x		0,090	Rz	x		0,316
19		Rt	x		0,164	Rt	x		0,83

V tomto prípade je T – Test rozmanitejší. Z obrázku je jasne vidieť, že pomer nezamietnutých a zamietnutých je skoro rovnaký. Na druhú stranu, F – Test dopadol rovnako. Je tam jedna hodnota, ktorú zamietať inak, zhodu všetkých dát nezamietať.

Ďalšou tabuľkou, ktorú je nutné zaradiť k zodpovedaniu prvej otázky, je Obr. 33. Tabuľka výsledkov pre porovnania smerov Sever -> Juh a Východ -> Západ pri frézovanej ploche a otláčku pri tlakoch 40 a 80 barov, pre plochy pri otvore. Ide o brúsenú dosku.

Obr. 33. Tabuľka výsledkov pre porovnania smerov Sever -> Juh a Východ -> Západ pri brúsennej ploche a otláčku pri tlakoch 40 a 80 barov, pre plochy pri otvore.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	T - Test				F - Test				
2	Brúsená doska		Nezamietať	Zamietať	P - Hodnota		Nezamietať	Zamietať	P - Hodnota
3		Ra		x	0,000	Ra		x	0,000
4		Rq		x	0,000	Rq		x	0,000
5		Rc		x	0,000	Rc		x	0,002
6		Rz		x	0,000	Rz	x		0,465
7		Rt		x	0,000	Rt	x		0,764
8									
9	Otlak 40 barov	Ra		x	0,000	Ra	x		0,642
10		Rq		x	0,000	Rq	x		0,99
11		Rc		x	0,000	Rc		x	0,032
12		Rz		x	0,000	Rz	x		0,858
13		Rt		x	0,000	Rt	x		0,477
14									
15	Otlak 80 barov	Ra		x	0,000	Ra		x	0,011
16		Rq		x	0,000	Rq	x		0,159
17		Rc		x	0,000	Rc		x	0,046
18		Rz		x	0,000	Rz	x		0,352
19		Rt		x	0,000	Rt		x	0,004

Z tabuľky jasne vidieť, že pre T – Test jasne zamietam všetky dáta. Pri F – Teste je zamietanie dát rozmanitejšie. Pomer zamietnutých a nezamietnutých je zhruba rovnaký.

Ako posledná tabuľka je zobrazená na Obr. 34. Tabuľka výsledkov pre porovnanie smerov Sever -> Juh a Východ -> Západ pri frézovanej ploche a otláčku pri tlakoch 40 a 80 barov, pre plochy proti otvoru (posunutú o 180°). Ide o brúsenú dosku.

Z tabuľky jasne vidieť, že pre T – Test jasne zamietam všetky dáta. Pri F – Teste je zamietanie dát rozmanitejšie. Pomer zamietnutých a nezamietnutých je zhruba rovnaký.

Odpoveď na prvú otázku je taká, že podľa T – Testu Pre frézovanú plochu zhodu zamietam, a to s pravdepodobnosťou na 95%. Pomer zamietnutých ku nezamietnutým je 11:4. (z celkového počtu 30 dát je 22 zamietnutých). Podľa F – Testu pre frézovanú plochu zhodu nezamietam s 95% pravdepodobnosťou. Pomer zamietnutých ku nezamietnutým je 1:14 (z celkového počtu 30 dát je 28 nezamietnutých).

Obr. 34. Tabuľka výsledkov pre porovnanie smerov Sever -> Juh a Východ -> Západ pri brúsení plochy a otláčku pri tlakoch 40 a 80 barov, pre plochy proti otvoru.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	T - Test				F - Test				
2	Brúsená doska	Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota	Ra	Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota	
3			x	0,000	Ra	x		0,110	
4		Rq	x	0,000	Rq	x		0,391	
5		Rc	x	0,000	Rc	x		0,571	
6		Rz	x	0,000	Rz	x		0,910	
7		Rt	x	0,000	Rt	x		0,212	
8									
9	Otlisk 40 barov	Ra	x	0,000	Ra	x		0,586	
10		Rq	x	0,000	Rq	x		0,707	
11		Rc	x	0,000	Rc		x	0,001	
12		Rz	x	0,000	Rz	x		0,761	
13		Rt	x	0,000	Rt		x	0,048	
14									
15	Otlisk 80 barov	Ra	x	0,000	Ra		x	0,000	
16		Rq	x	0,000	Rq		x	0,000	
17		Rc	x	0,000	Rc		x	0,000	
18		Rz	x	0,000	Rz		x	0,015	
19		Rt	x	0,000	Rt		x	0,001	

Ďalšou časťou je vyhodnotenie brúsených testov. Podľa T – testu pre brúsenú plochu zhodu zamietam s pravdepodobnosťou na 95% . Pomer zamietnutých ku nezamietnutým je 30 : 0(z celkového počtu 30 dát je 30 dát zamietnutých). Podľa F – testu pre brúsenú plochu nezamietam s pravdepodobnosťou 95%. Pomer zamietnutých ku nezamietnutým je 8 : 7 (z celkového počtu 30 dát je 14 dát zamietnutých).

Keď budem vychádzať z priemeru všetkých dát, bez ohľadu na typ opracovania plochy, bude záver pre T – test: s pravdepodobnosťou na 95% zhodu zamietam. Pomer zamietnutých ku nezamietnutým je 13:2 (z celkového počtu 60 dát je 52 dát zamietnutých). Pre F – test : s pravdepodobnosťou na 95% zhodu nezamietam. Pomer zamietnutých ku nezamietnutým je 4:11 (z celkového počtu 60 dát je 44 dát nezamietnutých).

Odpoveďou na druhú otázku ktorá znie: Na koľko je zhoda v kvalite povrchu pri doske (forme) a otisku (otlačku). Bude opäť séria obrázkov, tabuliek, ktoré vyhodnotím podobne ,ako tabuľky k otázke jedna.

Ako prvé sa zameriam na Obr. 31. Výsledok testovania hypotéz pre frézovanú plochu, plocha pri otvore, ktorý opäť z dôvodu prehľadnosti zdublikujem.

Obr. 31. Výsledok testovania hypotéz pre frézovanú plochu, plocha pri otvore.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	T - Test					F - Test			
2	Sever -> Juh								
3		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota	
4	Otisk 40 barov	Ra	x		0,084	Ra	x		0,12
5		Rq	x		0,09	Rq	x		0,281
6		Rc	x		0,118	Rc	x		0,971
7		Rz		x	0,000	Rz	x		0,44
8		Rt		x	0,000	Rt	x		0,262
9									
10	Otisk 80 barov	Ra	x		0,231	Ra	x		0,979
11		Rq	x		0,129	Rq	x		0,924
12		Rc	x		0,077	Rc		x	0,038
13		Rz		x	0,000	Rz	x		0,331
14		Rt		x	0,000	Rt	x		0,452
15	Východ -> Západ								
16		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota	
17	Otisk 40 barov	Ra	x		0,301	Ra	x		0,667
18		Rq	x		0,242	Rq	x		0,5
19		Rc	x		0,516	Rc		x	0,011
20		Rz		x	0,000	Rz	x		0,414
21		Rt		x	0,000	Rt	x		0,974
22									
23	Otisk 80 barov	Ra	x		0,673	Ra	x		0,053
24		Rq	x		0,674	Rq	x		0,062
25		Rc	x		0,347	Rc		x	0,004
26		Rz	x		0,053	Rz	x		0,115
27		Rt		x	0,012	Rt	x		0,107

Obr. 35. Výsledok testovania hypotéz pre frézovanú plochu, plocha proti otvoru.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	T - Test					F - Test			
2	Sever -> Juh								
3			Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota
4	Otk 40 barov	Ra		x	0	Ra		x	0
5		Rq		x	0	Rq		x	0
6		Rc		x	0	Rc		x	0
7		Rz		x	0	Rz		x	0,023
8		Rt		x	0	Rt	x		0,595
9									
10	Otk 80 barov	Ra		x	0	Ra		x	0
11		Rq		x	0	Rq		x	0
12		Rc		x	0	Rc		x	0
13		Rz		x	0	Rz		x	0,003
14		Rt		x	0	Rt		x	0
15	Východ -> Západ								
16			Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota
17	Otk 40 barov	Ra		x	0	Ra	x		0,501
18		Rq		x	0	Rq	x		0,413
19		Rc		x	0	Rc	x		0,681
20		Rz		x	0	Rz	x		0,146
21		Rt		x	0	Rt	x		0,125
22									
23	Otk 80 barov	Ra		x	0	Ra	x		0,334
24		Rq		x	0	Rq	x		0,479
25		Rc		x	0	Rc	x		0,895
26		Rz		x	0	Rz	x		0,176
27		Rt		x	0	Rt		x	0,024

Obr. 36. Výsledok testovania hypotéz pre brúsenú plochu, plocha pri otvore.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	T - Test					F - Test			
2	Sever -> Juh								
3		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota	
4	Otk 40 barov	Ra	x	0	Ra		x	0	
5		Rq	x	0	Rq		x	0	
6		Rc	x	0	Rc		x	0	
7		Rz	x	0	Rz		x	0,023	
8		Rt	x	0	Rt	x		0,595	
9									
10	Otk 80 barov	Ra	x	0	Ra		x	0	
11		Rq	x	0	Rq		x	0	
12		Rc	x	0	Rc		x	0	
13		Rz	x	0	Rz		x	0,003	
14		Rt	x	0	Rt		x	0	
15	Východ -> Západ								
16		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota	
17	Otk 40 barov	Ra	x	0	Ra	x		0,501	
18		Rq	x	0	Rq	x		0,413	
19		Rc	x	0	Rc	x		0,681	
20		Rz	x	0	Rz	x		0,146	
21		Rt	x	0	Rt	x		0,125	
22									
23	Otk 80 barov	Ra	x	0	Ra	x		0,334	
24		Rq	x	0	Rq	x		0,479	
25		Rc	x	0	Rc	x		0,895	
26		Rz	x	0	Rz	x		0,176	
27		Rt	x	0	Rt		x	0,024	

Obr. 37. Výsledok testovania hypotéz pre brúsenú plochu, plocha pri otvore.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	T - Test					F - Test			
2	Sever -> Juh								
3		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota	
4	Ostik 40 barov	Ra	x	0	Ra		x	0,006	
5		Rq	x	0	Rq		x	0,046	
6		Rc	x	0	Rc		x	0,04	
7		Rz	x	0	Rz	x		0,158	
8		Rt	x	0	Rt	x		0,824	
9									
10	Ostik 80 barov	Ra	x	0	Ra	x		0,334	
11		Rq	x	0	Rq	x		0,479	
12		Rc	x	0	Rc	x		0,895	
13		Rz	x	0	Rz	x		0,176	
14		Rt	x	0	Rt		x	0,024	
15	Východ -> Západ								
16		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota		Nezamietam	Zamietam	P - Hodnota	
17	Ostik 40 barov	Ra	x	0,009	Ra	x		0,527	
18		Rq	x	0,051	Rq	x		0,427	
19		Rc	x	0,011	Rc	x		0,071	
20		Rz	x	0,158	Rz	x		0,069	
21		Rt	x	0	Rt	x		0,64	
22									
23	Ostik 80 barov	Ra	x	0	Ra		x	0	
24		Rq	x	0	Rq		x	0,001	
25		Rc	x	0	Rc		x	0	
26		Rz	x	0,018	Rz	x		0,235	
27		Rt	x	0,022	Rt	x		0,829	

Na základe zhodnotenia posledných štyroch tabuliek dokážeme vyhodnotiť F – Test. Dokážeme zamietnuť, prípadne nezamietnuť zhodu rovnosti rozptylu. Pomer nezamietnutých ku zamietnutým je 5 : 3 (celkový počet nezamietnutých 50 z celkového počtu 80 dát).

Môžem prehlásiť, že s 95% -nou pravdepodobnosťou nezamietam zhodu rovnosti rozptylu.

Pri pohľade na T – Test je zjavne vidieť, že prevláda zamietnutie. Pomer nezamietnutých ku zamietnutým je 3 : 13 (celkový počet zamietnutých je 65 z celkového počtu 80 dát).

Na základe získaných čísel viem zodpovedať hlavnú otázku so znením:

„Zistite vplyv tlaku a polohy odlačovanej plochy kvality polymérneho výrobku pri tlakoch 40 a 80 baroch a polohách na plochu dosky vid' obrázok(Obr.13).“

Pri frézovanej doske na snímanej ploche, pri otvore, sa dokázal povrch odtlačiť natoľko, že Ra, Rq, a Rc nezamietam zhodu ani pri tlaku 40 ani pri tlaku 80 barov. Bohužiaľ, pre Rz a Rt musím zhodu zamietnuť. Nezamietnutie a zamietnutie je však s pravdepodobnosťou 95%. Na druhej strane, pri frézovanej ploche proti otvoru, čo je posunuté o 180°, čo je zhruba o 10 cm ďalej, už bol stav taveniny natoľko vytuhnutý, že sa plocha nedokázala odtlačiť. S pravdepodobnosťou 95% môžem zamietnuť zhodu plochy odtlačku s plochou dosky.

Pre brúsenú plochu dosky neboli výsledky až natoľko rôznorodé. V tomto prípade sa ani v jednom zo snímaných prípadov zhoda nepotvrdila, okrem dvoch hodnôt pri plochách proti otvoru pri tlaku 40 barov. V smere Východ -> Západ sú dve hodnoty, ktoré T – Test nezamietajú. V mojom prípade sú to extrémne hodnoty, ktoré nebudem brať do úvahy. Pri brúsenej ploche zamietam zhodu s pravdepodobnosťou 95%.

ZÁVER

Úlohou prvej časti diplomovej práce bolo podať pevné a dostatočne rozsiahle základy, pre následné nasnímanie, a spracovávanie dát. Zameral som sa na teoretické spracovanie, ako je definícia pojmov, objasnenie technológii výroby a ostatných základov, ktoré sa týkajú technológie plastov.

Nosnou časťou práce, je objasňovanie hodnotenia kvality povrchov využívaním profilov, geometrických parametrov, a pod. Jedným zo základných kritérií hodnotenia kvality sú parametre: R_p , R_v , R_z , R_c , R_t , R_a , R_q , R_{sk} , R_{ku} . Všetkým parametrom som sa bližšie venoval v časti 1.2 a 1.3.

V ďalšej časti som sa venoval technologickým úpravám povrchov, ako sú predovšetkým dokončovacie operácie. Napr.: pokovovanie, dezénovanie, leštenie a pod.

Posledná časť slúžila na zoznámenie sa so snímačom Talysurf CLI 500. Jej obsahom je zobrazenie snímača, jeho stručný opis a základné vlastnosti, popis pracovného prostredia, program na úpravu nasnímaných dát Talymap GOLD. A popis funkcií týchto softwarov.

Praktickú časť som začal pripomenutím si otázok na ktoré hľadám odpovede.

Ďalším krokom v praktickej časti bol popis snímania snímačom Talysurf CLI 500. Postup pri snímaní od prvotného nastavenia prostredia, po samotné snímanie snímačom Talysurf CLI 500.

V nasledujúcom kroku som spracovával nasnímané plochy v programe Talymap GOLD. Plochy boli spracované na dáta, ktoré som transformoval do tvaru, ktorý bol akceptovateľný štatistickým programom MINITAB, verzie 14, ktorá je nainštalovaná na laboratórnych PC. Celý postup je uvedený od state 4.2.

Záverom celého spracovávanía je vyhodnotenie nasnímaných a spracovaných dát, z ktorých sme dospeli k jasnému záverom, pomocou použitia testovania hypotéz. A to T – Testom a F – Testom.

Hlavnou úlohou bolo zodpovedať otázku:

„Zistíte vplyv tlaku a polohy odtlačovanej plochy kvality polymérneho výrobku pri tlakoch 40 a 80 baroch a polohách na plochu dosky vid' obrázok(Obr.13).“

Na základe snímaní, spracovávaní a vyhodnocovaní môžem vysloviť záver. S pravdepodobnosťou na 95%, pre tento polymérny výrobok nieje podstatný vplyv tlaku, polohy, ani kvalita povrchu. Všetky povrchové úpravy, ktoré sa na doske, (forme) vykonávajú, sú nepodstatné. Bohužiaľ je toto tvrdenie platné len pre daný príklad. Pre väčšiu istotu by bolo vhodné meranie zopakovať na viacerých vzorkách.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1.] ČSN EN ISO 4287:1999 *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu.*
- [2.] ČSN EN ISO 4288:1998 *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu.*
- [3.] BUMBÁLEK, Bohumil. *Drsnost povrchu.* Praha: SNTL, 1989. ISBN 338116.
- [4.] BOUBLÍK, Vlastimil. *Plastické hmoty v amatérské praxi.* Praha: SNTL, 1963.
- [5.] HLADIK a NOVÁK. TALYSURF CLI: 3D metrologické systémy. In: [PDF]. [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/3-1_Hladik_Novak_Talysurf_product_family.pdf
- [6.] ČSN EN ISO 13565-1:1998 *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda ; povrchymající stratifikované funkční vlastnosti- Filtrace a všeobecné podmínky měření.*
- [7.] ČSN EN ISO 13565-2:1998 *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda ; povrchymající stratifikované funkční vlastnosti-Výškové charakteristiky využívající křivku lineárního materiálového poměru.*
- [8.] CHUDÝ, Vladimír a Rudolf PALENČÁR. A SPOL. *Meranie technických veličím.* Bratislava: STU v Bratislave, 1999. ISBN 80-227-1275-2
- [9.] ČSN EN ISO 11562 : 1997 *Geometrické požiadavky na výrobky (GPS) – štruktúra povrchu: profilová metóda; metrologické charakteristiky fázovo korigovaných filtrov.*
- [10.] ČSN EN ISO 14253 – 1: 1998 *Geometrické požiadavky na výrobky (GPS) – Skúšanie obrobkov a meradiel meraním časť 1: pravidlá rozhodovania o dokazovaní zhody alebo nezahody zo špecifikáciami.*
- [11.] ČSN EN ISO 14253 – 1: 1998 *Geometrické požiadavky na výrobky (GPS) – Skúšanie obrobkov a meradiel meraním časť 2: návod pre odhad neistoty merania v geometrických požiadavkách na výrobky, pri kalibrácii meracieho vybavenia a pri overovaní výrobku.*

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1. Prenosová charakteristika profilu drsnosti a vlnitosti	14
Obr. 2. Profil povrchu	15
Obr. 3. Prvok profilu	17
Obr. 4. Miestny sklon	17
Obr. 5. Materiálová dĺžka	18
Obr. 6. Najväčšia výška výstupku profilu	19
Obr. 7. Najväčšia hĺbka priehlbiny profilu	19
Obr. 8. Najväčšia výška profilu	20
Obr. 9. Výška prvkov profilu	20
Obr. 10. Šírka prvkov profilu	22
Obr. 11. Talysurf CLI 500	41
Obr. 12. Software na prácu z Talysurf CLI 500	42
Obr. 13. Brúsená plocha dosky zobrazujúca snímané plochy 4 x 4 mm	44
Obr. 14. Zoznam nasnímaných povrchov	46
Obr. 15. Nasnímana plocha snímačom Talysurf CLI 500	47
Obr. 16. Vyrovnaná plocha	47
Obr. 17. 3 D profil	48
Obr. 18. Extrahovaná plocha smer Sever -> Juh	49
Obr. 19. Extrahovaná plocha smer Východ -> Západ	49
Obr. 20. 2 D Analýza drsnosti pre smer Sever -> Juh	50
Obr. 21. Tabuľka zozbieraných a transformovaných dát	51
Obr. 22. Boxplot pre frézovanú dosku	52
Obr. 23. Boxplot pre frézovanú dosku po vypustení Rp, Rv	53
Obr. 24. Test normality pre Ra podľa Anderson – Darlingovho testu	53
Obr. 25. Tabuľka výsledkov testov normality podľa Anderson – Darlingovho testu ...	54

Obr. 26. F – Test pre data Ra	55
Obr. 27. T – Test pre data Ra	56
Obr. 28. Tabuľka výsledkov testovania hypotéz pre porovnanie smerov Sever -> Juh a Východ -> Západ pre frézovanú plochu pri otvore	56
Obr. 29. F – Test pre Ra frézovanej dosky a otisku pri tlaku 40 Bar	57
Obr. 30. T – Test pre Ra frézovanej dosky a otisku pri tlaku 40 Bar	57
Obr. 31. Výsledok testovania hypotéz pre frézovanú plochu pri otvore	58
Obr. 32. Tabuľka výsledkov testovania hypotéz pre porovnanie smerov Sever -> Juh a Východ -> Západ pre frézovanú plochu proti otvoru	60
Obr. 33. Tabuľka výsledkov testovania hypotéz pre porovnanie smerov Sever -> Juh a Východ -> Západ pre brúsenú plochu pri otvore	60
Obr. 34. Tabuľka výsledkov testovania hypotéz pre porovnanie smerov Sever -> Juh a Východ -> Západ pre brúsenú plochu proti otvoru	61
Obr. 35. Výsledok testovania hypotéz pre frézovanú plochu proti otvoru	63
Obr. 36. Výsledok testovania hypotéz pre brúsenú plochu pri otvore	64
Obr. 37. Výsledok testovania hypotéz pre brúsenú plochu proti otvoru	65

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1. Základné dĺžky drsností pre meranie R_a , R_q , R_{sk} , R_{ku} , $R_{\Delta q}$,	18
Tab. 2. Základné dĺžky drsností pre meranie R_z , R_v , R_p , R_c , a R_t ,	22
Tab. 3. Základné dĺžky drsností pre meranie R – parametrov,	22

ZOZNAM VZORCOV

1.1	Priemerná výška prvku profilu – R_c	20
1.2	Priemerná hodnota súradníc – R_a	21
1.3	Priemerná kvadratická úchylka posudzovaného profilu – R_q	21
1.4	Šikmost' posudzovaného profilu – R_{sk}	21
1.5	Špicatosť posudzovaného profilu – R_{ku}	21
1.6	Priemerná šírka prvku profilu – R_{sm}	22
1.7	Materiálový pomer profilu – R_{mr}	23
1.8	Rozdiel výšky úseku profilu – R_c	23

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha A: CD médium – Diplomová práca v elektronickej podobe

