

Návrh statistického hodnocení jakosti povrchu v 3D s využitím vícerozměrné statistiky

Drahomíra Linhartová

Diplomová práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Drahomíra Linhartová**
Osobní číslo: **T17347**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Řízení jakosti**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Návrh statistického hodnocení jakosti povrchu v 3D s využitím vícerozměrné statistiky**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování rešerše způsobů scanování technických povrchů v prostoru, se zaměřením na přístrojovou techniku využívanou na UVI
2. Popsání způsobů hodnocení jakosti technických povrchů s využitím vícerozměrných statistických metod v souladu s metodikou popsanou v rámci ISO 25178
3. Aplikace metod "Shlukové analýzy" na naměřená data, za účelem nalezení jejich podobností

Rozsah diplomové práce: **cca 60 stran**
Rozsah příloh: **dle pokynů VDP**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **WHITEHOUSE, D. J. Handbook of surface and nanometrology. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. ISBN 9781420082012**
2. **MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. Kompendium statistického zpracování dat. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2196-8**
3. **MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. Statistická analýza experimentálních dat. Vyd. 2., upr. a rozš. Praha: Academia, 2004. ISBN 80200-1254-0**

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Vladimír Pata**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2019**
Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2019**

Ve Zlíně dne 6. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské 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 obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou 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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 13.5.2019

.....

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, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně 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 nahlížení 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 vzdělávacímu 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.

(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 přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá otázkou, do jaké míry ovlivňuje různá drsnost povrchu finální vzhled výrobku. Zda se statisticky významně mění parametry Sa a Sz v rámci jednoho výrobku a v rámci výrobků mezi sebou. Teoretická část je zaměřena na povrchové úpravy, způsob hodnocení jakosti povrchu, zaměřený na 2D i 3D a různé metody vícerozměrné statistické analýzy používané pro hodnocení technických povrchů. Praktická část se zabývá samotným měřením a jeho následným statistickým vyhodnocením za pomoci exploratorní datové analýzy a metod vícerozměrné statistické analýzy. Veškerá statistická i grafická vyhodnocení byla provedena v programu MINITAB 17.

Klíčová slova: Povrchová úprava, jakost povrchu, drsnost, shluková analýza.

ABSTRACT

This thesis deals with the question, how much is final appearance of the product influenced by the different surface roughness. Whether the Sa and Sz parameters change significantly within a single product and also among each other. The theoretical part is focused on surface treatment, methods of surface quality assessment, focused on 2D and 3D and on various methods of multidimensional statistical analysis used for assessment of technical surfaces. The practical part deals with the measurement itself and its subsequent statistical assessment by means of exploratory data analysis and methods of multidimensional statistical analysis. All statistical and graphical evaluations were performed in MINITAB 17.

Keywords: Coating, surface quality, roughness, cluster analysis.

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi za ochotu, vstřícnost, poskytování odborných materiálů, cenné informace a odborné vedení v průběhu vypracování celé diplomové práce.

Zároveň bych chtěla poděkovat mé rodině, která mě v průběhu této práce i po čas celého studia intenzivně podporovala.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	12
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 POVRCHOVÉ ÚPRAVY	14
1.1 CÍLE POVRCHOVÝCH ÚPRAV	14
1.2 DRUHY POVRCHOVÝCH ÚPRAV	14
1.2.1 Povrchové úpravy mechanické	14
1.2.2 Povrchové úpravy chemické	15
1.2.3 Povrchové úpravy elektrochemické	15
1.2.4 Organické povlaky	15
1.2.5 Povrchové úpravy tepelné	15
1.2.6 Vakuové povlakování.....	15
1.3 BALOTINA.....	15
1.3.1 Podstata balotínování	16
1.3.2 Použití balotiny	16
1.4 ANODICKÁ OXIDACE	17
1.4.1 Princip procesu.....	18
1.4.2 Příprava povrchu	18
1.4.3 Postup při anodické oxidaci	20
2 ZPŮSOB HODNOCENÍ JAKOSTI POVRCHU SE ZAMĚŘENÍM NA 2D A 3D	21
2.1 TEXTURA POVRCHU A JEJÍ HODNOCENÍ	21
2.1.1 Tvar	21
2.1.2 Vlnitost.....	21
2.1.2 Drsnost	22
2.2 PARAMETRY 2D	22
2.2.1 Základní terminologie	22
2.2.1.1 Filtr profilu	22
2.2.1.2 Souřadnicový systém	23
2.2.1.3 Skutečný povrch	23
2.2.1.4 Profil povrchu.....	23
2.2.1.5 Střední čáry	24
2.2.1.6 Základní délka l_r	24
2.2.1.1 Vyhodnocovaná délka l_n	24
2.2.2 Názvy geometrických parametrů	25
2.2.2.1 Výstupek profilu.....	25
2.2.2.2 Prohlubeň profilu	25
2.2.2.3 Omezení výšky/a nebo rozteče	25
2.2.2.4 Prvek profilu	25
2.2.2.5 Hodnota pořadnice	25
2.2.2.6 Místní sklon	26
2.2.2.7 Výška výstupku profilu Z_p	26
2.2.2.8 Hloubka prohlubně profilu Z_v	26
2.2.2.9 Výška prvku profilu Z_t	26
2.2.2.10 Šířka prvku profilu X_s	26

2.2.3	Parametry profilu povrchu	27
2.2.3.1	Výškové parametry (výstupky a prohlubně)	27
2.2.3.2	Výškové parametry (průměrné hodnoty pořadnic)	28
2.2.3.3	Délkové parametry	29
2.2.3.4	Křivky a odpovídající parametry	30
2.3	PARAMETRY 3D	31
3	HODNOCENÍ TECHNICKÝCH POVRCHŮ VÍCEROZMĚRNOU STATISTICKOU ANALÝZOU.....	33
3.1	ZÁKLAD VÍCEROZMĚRNÉ STATISTICKÉ ANALÝZY	33
3.2	ANALÝZA HLAVNÍCH KOMPONENT PCA.....	34
3.3	FAKTOROVÁ ANALÝZA FA	35
3.4	KANONICKÁ KORELAČNÍ ANALÝZA CCA	36
3.5	DISKRIMINAČNÍ ANALÝZA	36
3.6	LOGISTICKÁ REGRESE LR	37
3.6.1	Binární logistická regrese.....	37
3.6.2	Ordinální logistická regrese	37
3.6.3	Nominální logistická regrese.....	38
3.7	VÍCEROZMĚRNÉ ŠKÁLOVÁNÍ MDS	38
3.8	JEDNOFAKTOROVÁ ANALÝZA ROZPTYLU ANOVA.....	38
3.6.1	Základní předpoklady.....	38
3.6.2	Druhy porovnávacích metod	38
4	ANALÝZA SHLUKŮ CLU	40
4.1	IDENTIFIKACE ODLEHLÝCH OBJEKTŮ	40
4.2	MÍRY PODOBNOSTI.....	40
4.2.1	Korelační míry	40
4.2.2	Míry vzdálenosti.....	40
4.2.3	Míry asociace	41
4.3	ZPŮSOBY SHLUKOVÁNÍ.....	41
4.3.1	Hierarchické shlukovací postupy	42
4.3.2	Nehierarchické shlukovací postupy	42
4.4	METODY METRIKY SHLUKOVÁNÍ.....	42
4.4.1	Metoda průměrová	42
4.4.2	Metoda centroidní	42
4.4.3	Metoda nejbližšího souseda	43
4.4.4	Metoda nejvzdálenějšího souseda	43
4.4.5	Metoda mediánová	43
4.4.6	Wardova metoda	43

4.5	DENDROGRAMY HIERARCHICKÉHO SHLUKOVÁNÍ	44
4.5.1	Dendrogram podobnosti objektů.....	44
4.5.2	Dendrogram podobnosti proměnných.....	44
4.5.3	Míra věrohodnosti	45
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	46
5	CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI	47
6	MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU	48
6.1	TESTOVANÉ VZORKY	48
6.2	VÝBĚR TESTOVANÉ PLOCHY	49
6.3	PŘÍPRAVA VZORKU	49
6.4	POUŽITÝ MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJ	49
7	POSTUP MĚŘENÍ.....	51
7.1	ULOŽENÍ VZORKU	51
7.2	POSTUP MĚŘENÍ	51
8	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ.....	55
8.1	KONTROLA DAT METODIKOU EDA	55
8.2	VYŠETŘOVÁNÍ TRENDŮ	59
8.3	GRUBSŮV TEST PRO OUTLAYERY	63
8.3.1	Grubsův test pro parametr Sa.....	63
8.3.2	Grubsův test pro parametr Sz.....	64
8.4	TEST NORMALITY NAMĚŘENÝCH DAT	65
8.4.1	Test normality pro parametr Sa.....	65
8.4.2	Test normality pro parametr Sz.....	66
8.5	ANOVA	67
8.5.1	Anova pro parametr Sa.....	67
8.5.2	Anova pro parametr Sz.....	69
8.6	SHLUKOVÁ ANALÝZA	70
8.6.1	Shluková analýza pro parametr Sa.....	71
8.6.2	Tvorba shluků pro parametr Sa.....	72
8.6.3	Shluková analýza pro parametr Sz.....	73
8.6.4	Tvorba shluků pro parametr Sz.....	74
	ZÁVĚR	75
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	77
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	79

SEZNAM OBRÁZKŮ	84
SEZNAM TABULEK.....	87
SEZNAM PŘÍLOH.....	88

ÚVOD

V současné době je stále větší význam kladen na jakost povrchu, jakožto jeden z hlavních aspektů kvality vyráběných dílů. Schopnost měření povrchové textury se vyvíjela a zlepšovala po mnoho let, přičemž hlavním významem je dosahování stále se zvyšujících požadavků na funkční plochy.

Postupem času bylo zjišťováno, že měření v 2D nedokáže plně interpretovat jakost technických povrchů. Z tohoto důvodu se začaly vyvíjet systémy pro měření celých ploch a nově zavádět parametry potřebné k vyhodnocování 3D měření. Tyto nové charakteristiky byly sestaveny z již známých 2D parametrů. U těchto charakteristik došlo ke změně značení ze symbolu "R" na nově vzniklé "S", aby bylo patrné, že se jedná o měření celé plochy.

K co nejpřesnějšímu vyhodnocování technických povrchů se využívá mnoha statistických metod, přičemž prvním krokem ve vyhodnocování je kontrola získaných dat metodikou EDA. Základem této metodiky jsou základní statistické veličiny a příslušná grafická vyhodnocení. Pro přesnější posouzení jakosti povrchu se využívá různých metod vícerozměrné statistické analýzy. Mezi tyto metody patří například shluková analýza, jenž přiřazuje sobě si podobná data, či jednofaktorová analýza rozptylu ANOVA díky níž je možné zjistit, které z kvalitativních či kvantitativních proměnných ovlivňují významně sledované veličiny.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POVRCHOVÉ ÚPRAVY

Povrchová úprava je soubor celé řady postupů a technologických procesů, které jsou aplikovány na povrch materiálu za účelem úprav, jež vedou ke zlepšení vlastností. Velmi často se jedná o finální úkon, při kterém povrch dílu i výrobku dosáhne požadovaných vlastností. Jedná se vlastně o speciální úpravu povrchu, kdy nevzniká nový výrobek, pouze se mění vlastnosti povrchu již vyrobeného dílu či výrobku. Ošetření povrchu materiálu je možno provádět různými procesy. Jsou zde zahrnuty veškeré pochody mechanické, elektrochemické, chemické, ale také fyzikální. [1]

1.1 Cíle povrchových úprav

Povrchové úpravy jsou prováděny za účelem dosažení různých požadavků a specifikací. Cílem těchto technologických operací je ochrana materiálu před mechanickým poškozením a zvýšení odolnosti proti samovolně probíhajícímu procesu narušování materiálu jak chemickými, tak i fyzikálněchemickými vlivy prostředí. Tímto je myšlena koroze, která nejen poškozuje strukturu povrchu, ale také má vliv na hmotnostní úbytek.

Mezi tyto hlavní cíle je nutno zahrnout i neméně důležitý estetický faktor, kdy použitím specifické technologie povrchové úpravy je možno dosáhnout požadovaného vzhledu. [1]

1.2 Druhy povrchových úprav

Povrchové úpravy zahrnují široké spektrum technologií a je možno je rozdělit podle způsobu použité metody na:

- mechanické
- chemické
- elektrochemické
- organické povlaky
- tepelné
- vakuové

1.2.1 Povrchové úpravy mechanické

Mechanickými úpravami je obvykle vyjadřována povrchová příprava materiálu pro další zpracování. Tyto procesy se provádí za účelem dosažení sjednoceného povrchu či dostatečné přilnavosti. Do této kategorie je zahrnuto otryskávání, omílání, broušení a leštění. [1]

1.2.2 Povrchové úpravy chemické

Z povrchu materiálu určeného k dalšímu zpracování je nutno odstraňovat případné nečistoty. K tomu jsou nejčastěji používány chemické procesy. Jsou zde zahrnuty technologie odmašťování, moření, chemické barvení, chromátování nebo fosfátování. [1]

1.2.3 Povrchové úpravy elektrochemické

Mezi elektrochemické úpravy se zahrnuje především anodická oxidace, což je druh chemicko-tepelné úpravy povrchu především hliníkových dílů či výrobků a galvanické pokovování. Tato technologie je používána za účelem zvýšení odolnosti proti korozi a k dosažení požadovaného vzhledu. [1]

1.2.4 Organické povlaky

Pro zpomalení korozního napadení je jako nejběžnější metody využito organických nátěrů. Tato metoda je prováděna natíráním, namáčením či postřikem a představuje nejlevnější variantu povrchové úpravy. [1]

1.2.5 Povrchové úpravy tepelné

Tyto technologie jsou prováděny za účelem získání tvrdých a chemicky odolných vrstev. Jsou prováděny za zvýšených teplot a patří sem např. žárové pokovení, plazmové nástřiky či smaltování. [1]

1.2.6 Vakuové povlakování

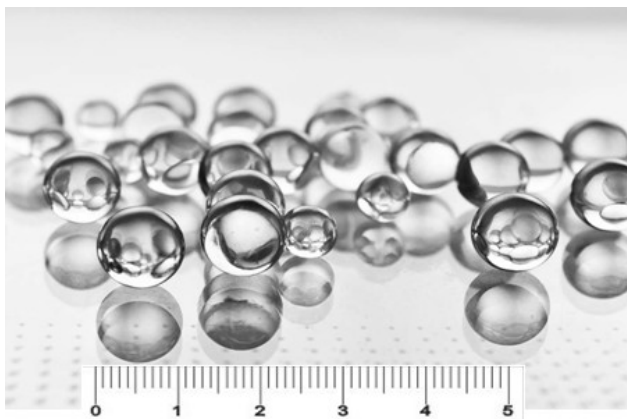
Vakuové povlakování se nejčastěji používá pro zvyšování životnosti nástrojů určených k obrábění či tváření. Touto technologií se získává velmi tvrdá povrchová vrstva, která vzniká kondenzací par kovu na povrchu vhodného materiálu. Celý proces probíhá ve vakuu a podle typu technologie se dělí na chemickou depozici CVD a fyzikální depozici PVD. [1]

1.3 Balotina

Tryskání balotinou je technologický proces, při kterém dopadají sférické částice na povrch materiálu. Jedná se o moderní povrchovou úpravu vhodnou především k otryskávání nerezových ocelí a slitin hliníku. [2]

1.3.1 Podstata balotínování

Podstata tohoto procesu spočívá v otryskávání povrchu skleněným granulátem. Jedná se o mikrokuličky ze sodného skla, které jsou unášeny médiem plynu (proudem vzduchem). Tato technologie se používá především pro sjednocení a zpevnění povrchu materiálu, zvyšuje se povrchová tvrdost a odolnost proti korozi. [2]



Obr.1. Balotinovací kuličky, 1 díl = 100 μm [14]

1.3.2 Použití balotiny

Balotínování se používá k odstranění otřepů, odstranění stop po obrábění, k ošetření povrchu rezných nástrojů i leštění defektů vzniklých po galvanickém zinkování. Tuto metodu je možno použít jako finální úpravu povrchu, ale často se balotinovaný povrch dále upravuje např. anodickou oxidací.

Balotínováním se zvyšuje životnost povrchu materiálu, odolnost proti omaku i korozi a v neposlední řadě se provádí i z estetických důvodů. [2]



Obr.2. Vzhled balotinovaného a nebalotinovaného dílu vyrobeného ze slitiny hliníku

AlCu_4Mg_1 [15]

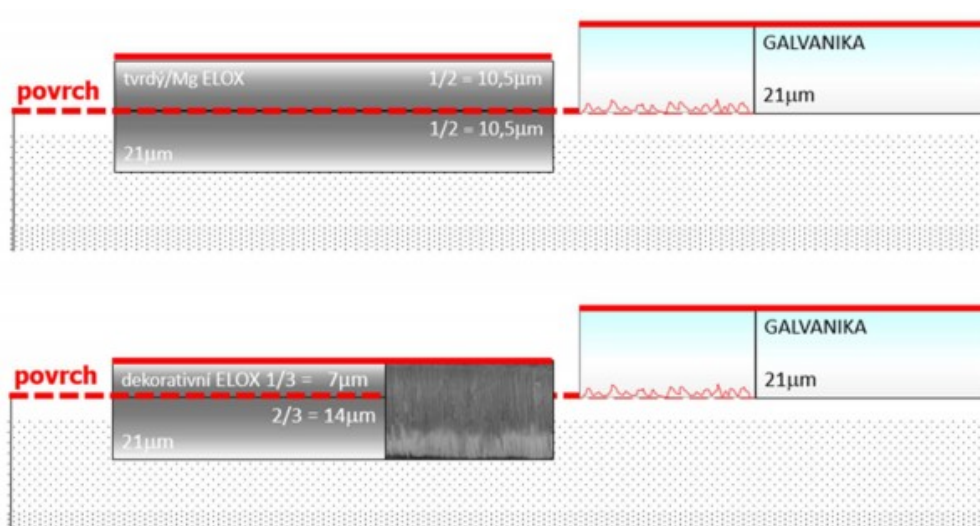
1.4 Anodická oxidace

Anodická oxidace je druh chemicko-tepelné úpravy povrchu materiálu hliníku a jeho slitin, kterou je docíleno zvýšení korozní odolnosti a snížení opotřebitelnosti výrobku. Jedná se o proces, při kterém se na povrchu dílců vytváří elektrolyzou vrstva oxidu hlinitého Al_2O_3 . Tato vrstva zabraňuje přístupu kyslíku z okolního prostředí, je průhledná a velmi tvrdá - má strukturu korundu.

Při eloxování lze docílit různé kvality i vzhledu, přičemž na kvalitu vrstvy eloxu má velký vliv eloxovaný materiál. [3]

V praxi se provádí dva základní typy anodické oxidace.

- Tvrdý elox - provádí se za účelem zvýšení tvrdosti a otěruschopnosti, vzniká při vysokých vrstvách a nízkých teplotách. K udržení nízké teploty v eloxační lázni se kladou vysoké nároky na chlazení. Lázni prochází elektrický proud, vzniká chemická reakce a tím se uvolňuje teplo. Je nutné, aby eloxační lázeň byla před začátkem procesu podchlazená a během procesu probíhá neustálé chlazení.
- Dekorativní elox - proces se provádí při 18 až 22 °C. Jeho hlavním cílem jsou vzhledové a dekorativní vlastnosti povrchu materiálu. [3]

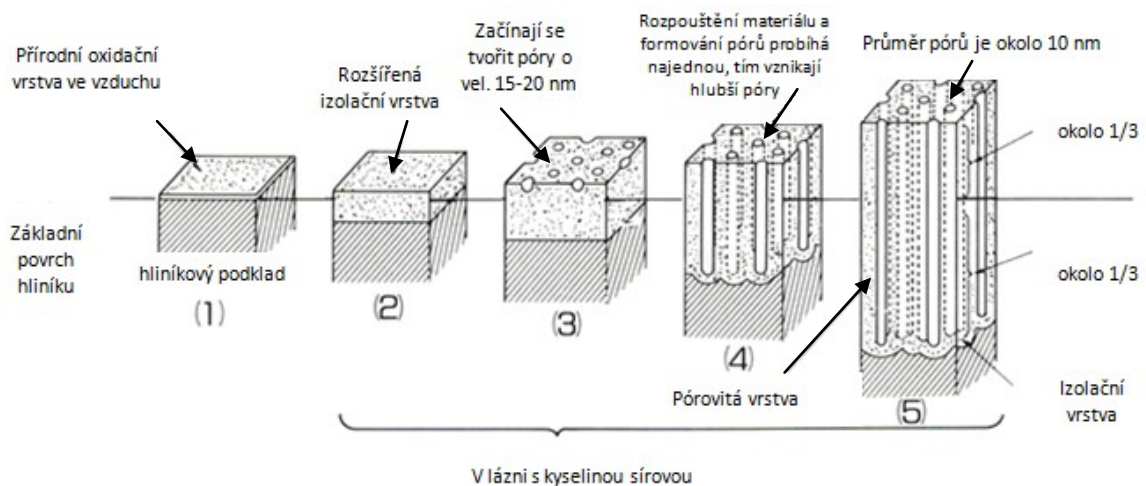


Obr.3. Rozložení vrstvy eloxu [6]

1.4.1 Princip procesu

Principem procesu je vytváření stabilní a tvrdé oxidické vrstvy. Materiál je při eloxaci ponořen v elektrolytu jako anoda. Eloxační lázni prochází elektrický proud, tím dochází k rozpouštění hliníku a současně se na povrchu vytváří povlak hydroxidu hlinitého $\text{Al}(\text{OH})_3$. Vytvořená vrstva postupně zabraňuje průchodu elektrického proudu a působením stále se zvyšujícího elektrického odporu dochází k ohřevu eloxovaného hliníku a tím k dehydrataci vrstvy, která se mění na oxid hlinitý.

Eloxovaná vrstva se vytváří přímo na povrchu materiálu, přičemž obecně platí, že 1/3 tloušťky vrstvy jde nad povrch materiálu a 2/3 tloušťky se vytváří pod povrchem, což je patrné z obrázku č.4. [3]



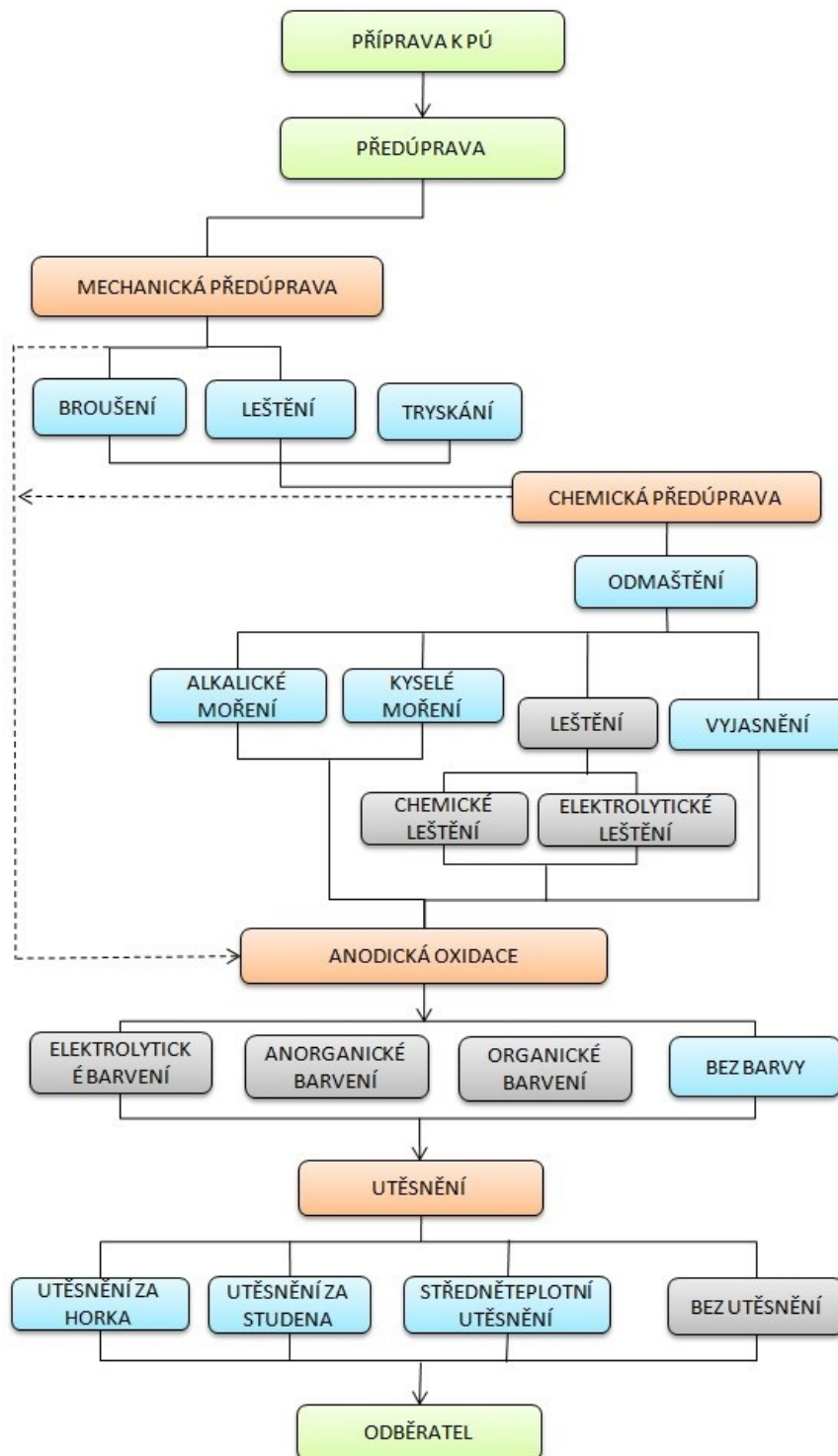
Obr.4. Tvorba vrstvy eloxu[16]

1.4.2 Příprava povrchu

Procesu anodické oxidace předchází příprava povrchu materiálu. Je nutné zvolit odpovídající provedení předúpravy povrchu k dosažení správné přilnavosti, sjednoceného povrchu a docílení odolnosti proti korozi či snížení opotřebitelnosti. Předúprava povrchu se provádí mechanicky nebo chemicky a jednotlivé kroky jsou znázorněny na obrázku č.5.

- Mechanická předúprava povrchu materiálu se provádí z důvodu sjednocení povrchu a k odstranění nerovností vzniklých na povrchu materiálu, například po obrábění. Mezi tyto procesy se řadí broušení, leštění, kartáčování či tryskání. [4]

- Chemická předúprava se používá především pro odstraňování nečistot, korozních produktů a nedokonalostí na povrchu materiálu způsobených výrobou. Mezi tyto procesy je možno zařadit například odmašťování, moření, odrezování či chemické nebo elektrolytické leštění. [4]



Obr.5. Graf anodické oxidace

1.4.3 Postup při anodické oxidaci

Anodická oxidace je sled několika po sobě jdoucích operací.

- **Odmaštění** - První a velice důležitou operací v technologickém postupu je odmašťování. Povrch eloxovaného materiálu musí být zbavený nečistot a mastnoty ulpívajících na povrchu, aby proběhla chemická reakce a správně narostla oxidická vrstva. Po špatně provedeném odmaštění se mohou na eloxovaném povrchu objevit neodstranitelné fleky. Odmaštění probíhá v lázni s kyselým nebo alkalickým roztokem. [5]
- **Moření** - Touto technologií je z povrchu materiálu odstraňována oxidická vrstva a nečistoty způsobené výrobou. Jedná se o naleptávání povrchu kovu, což má velký vliv na celkový vzhled výrobku. Moření se dělí na dvě základní skupiny, a to alkalické a kyselé.
 - ❖ **Alkalické moření** - Základem lázně je hydroxid sodný s příměsí aditiv, kterými se docílí nižší viskozity mořící lázně a podporují efekt moření.
 - ❖ **Kyselé moření** - Nejobvyklejší mořící roztoky jsou z kyseliny fosforečné, dusičné, sírové, fluorovodíkové a chlorovodíkové, přičemž všechny tyto kyseliny mají mořící účinky, ale liší se finální kvalitou. [6]
- **Vyjasnění** - Proces se používá pro odstranění příměsových prvků z oxidické vrstvy a tím dochází k vyšší odolnosti proti korozi. Vyjasňovací lázeň se skládá z kyseliny dusičné a oxidačního činidla.
- **Utěsňování** - Jedná se o závěrečnou fázi anodické oxidace. Utěsňování se provádí ve studené nebo horké lázni, popřípadě v kombinaci obou těchto lázní. Vzniklá oxidická vrstva je pórovitá a utěsňováním se zabrání zanášení pórů nežádoucími cizorodými látkami. Tím se docílí požadované odolnosti proti korozi i vysoké barevné stálosti. [5]

2 ZPŮSOB HODNOCENÍ JAKOSTI POVRCHU SE ZAMĚŘENÍM NA 2D A 3D

Problematika jakosti povrchu nabývá s rozvojem vědy a techniky stále většího významu. Znalosti týkající se jakosti povrchu a jeho hodnocení vedou především ke zlepšování požadavků na funkční plochy při jejich konstruování i stanovení technologických parametrů. Při hodnocení jakosti povrchu je velice nutné definovat požadavky a specifikace textur těchto funkčních ploch. [7]

2.1 Textura povrchu a její hodnocení

Texturou povrchu rozumíme uspořádání povrchu z hlediska jemných nerovností, které jsou dány stopami řezných nástrojích čili mikronerovností, ale i makronerovností, která specifikuje rozlehlejší periodickou nerovnost.

U obecných ploch se měří tvar, vlnitost a drsnost. Mohou se měřit v rovině i v prostoru, a to způsobem kontaktním i bezkontaktně. V praxi se též u obecných povrchů hodnotí také povrchové vady. [8]

2.1.1 Tvar

Jedná se o obecný tvar povrchu s vyloučením drsnosti a vlnitosti. Tvar povrchu může být způsoben nedostatečnou tuhostí, špatnou přímostí vodících ploch či teplem, které vzniká během výrobního procesu. [8]



Obr.6. Obecný tvar povrchu [8]

2.1.2 Vlnitost

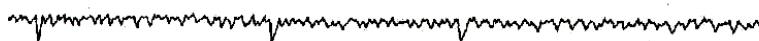
Vlnitost je část textury, na které je vytvořena drsnost. Je považována především za vliv stroje a může být způsobena chvěním či deformací obrobku. [8]



Obr.7. Vlnitost povrchu [8]

2.1.3 Drsnost

Drsností se rozumí nepravidelnosti, které jsou výsledkem výrobního procesu, tedy vzájemným působením pohybu nástroje a obrobku, ale také tvořením třísky. Právě tvoření třísky ovlivňuje náhodný charakter povrchu. [8]



Obr.8. Drsnost povrchu [8]

2.2 Parametry 2D

Nejčastěji používané parametry drsnosti povrchu jsou počítány na základě profilu povrchu a obsahují informace ve směru vertikálním i horizontálním. Tyto parametry jsou nazývány 2D parametry a zabývají se jimi normy ISO. Základními normami týkající se struktury povrchu jsou ČSN EN ISO 4287 a ČSN EN ISO 4288. [9]

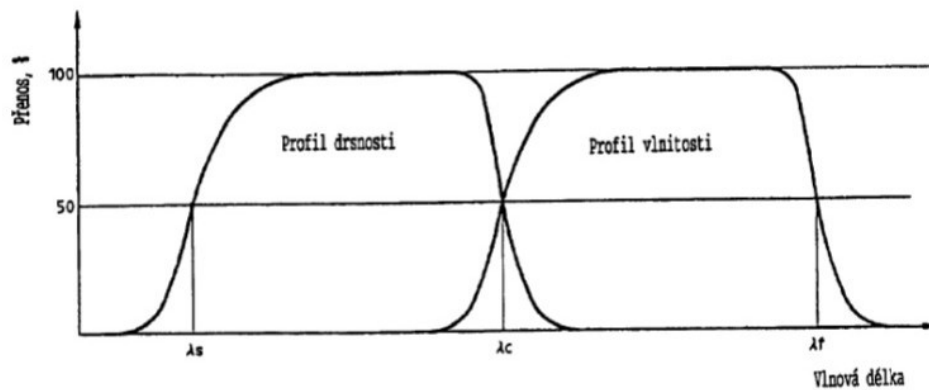
2.2.1 Základní terminologie

Základní terminologie, parametry i definice k určování struktury povrchu jsou předmětem mezinárodních norem. Drsnost, vlnitost, ale i základní profil povrchu jsou hodnoceny profilovou metodou. [9]

2.2.1.1 Filtr profilu

Filtr profilu rozděluje profily na složky dlouhovlnné a krátkovlnné. Existují tři filtry. Tyto filtry mají stejné přenosové charakteristiky, ale různé hodnoty mezní vlnové délky. Používají se v přístrojích, jež měří základní profil, drsnost a vlnitost.

- filtr profilu λ_s - definuje rozhraní mezi drsností a kratšími složkami vln, které jsou přítomny na povrchu
- filtr profilu λ_c - definuje rozhraní mezi drsností a vlnitostí
- filtr profilu λ_f - definuje rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami vln, které jsou přítomny na povrchu [9]



Obr.9. Přenosová charakteristika drsnosti a vlnitosti [9]

2.2.1.2 Souřadnicový systém

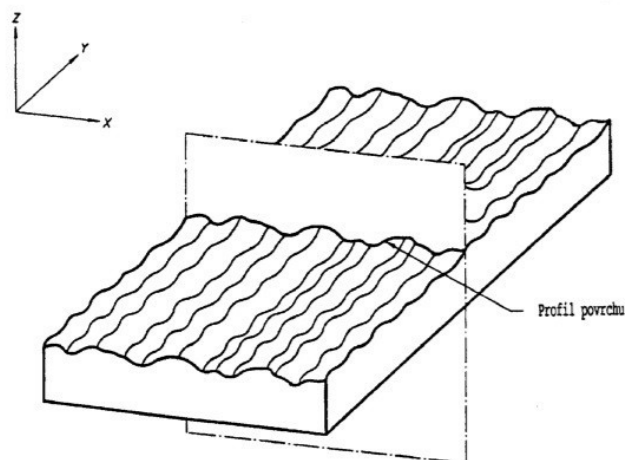
V souřadnicovém systému jsou definované parametry povrchu. Obvykle se používá pravouhlá kartézská soustava. [9]

2.2.1.3 Skutečný povrch

Jedná se o povrch, který se omezuje pouze na těleso a odděluje jej od okolního prostředí.

2.2.1.4 Profil povrchu

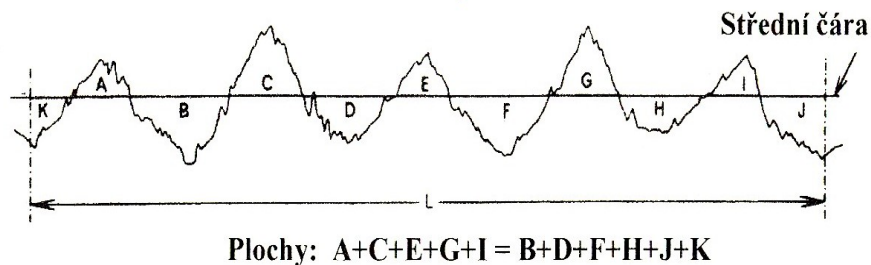
Profil povrchu vzniká jako průsečnice nerovností skutečného povrchu a roviny kolmé k této rovině. [9]



Obr.10. Profil povrchu [9]

2.2.1.5 Střední čáry

Střední čára probíhá středem vrcholů a prohlubní. Součet ploch ohraničených profilem nerovnosti nad touto čarou je roven součtu ploch pod touto plochou. [9]



Obr.11. Střední čára [8]

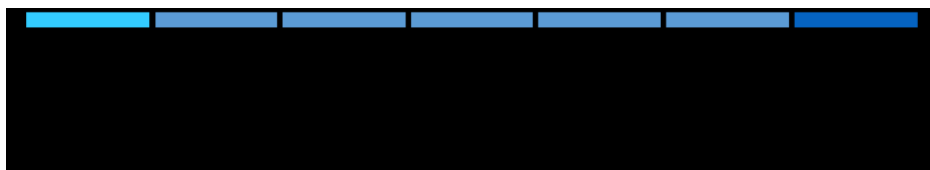
- střední čára profilu drsnosti - tato čára odpovídá dlouhovlnné složce profilu, která je potlačena filtrem profilu λ_c
- střední čára profilu vlnitosti - tato čára odpovídá dlouhovlnné složce profilu, která je potlačena filtrem profilu λ_f
- střední čára základního profilu - jedná se o čáru nejmenších čtverců, která přiléhá jmenovitému tvaru základního profilu [9]

2.2.1.6 Základní délka l_r

Jedná se o délku ve směru osy X. Používá se pro rozpoznání nerovností, které charakterizují vyhodnocovaný profil. [9]

2.2.1.7 Vyhodnocovaná délka l_n

Jedná se o délku ve směru osy X. Používá se k posouzení vyhodnocovaného profilu. Tato délka může zahrnovat i několik základních délek. [9]



Obr.12. Schéma měřicí dráhy snímače, l_r -základní délka profilu drsnosti, l_n -vyhodnocovaná délka profilu, l_t -celková délka snímání [8]

2.2.2 Názvy geometrických parametrů

Velké písmeno určuje typ vyhodnocovaného profilu.

- P - parametr: parametr vypočítaný ze základního profilu
- R - parametr: parametr vypočítaný z profilu drsnosti
- W - parametr: parametr vypočítaný z profilu vlnitosti [9]

2.2.2.1 Výstupek profilu

Jedná se o část posuzovaného profilu, který vystupuje z materiálu do okolí a spojuje dva přilehlé body na průsečíku profilu s osou X. [9]

2.2.2.2 Prohlubeň profilu

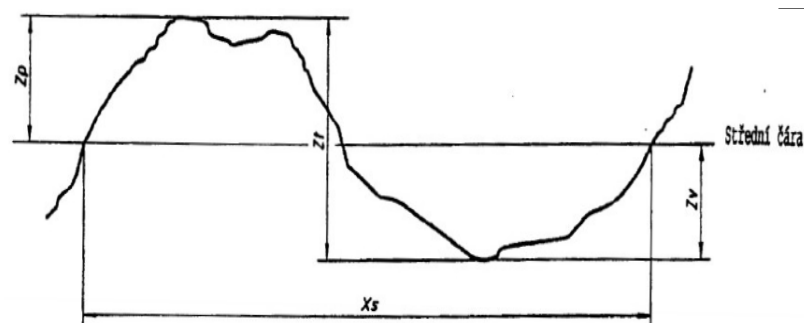
Jedná se o část posuzovaného profilu, který vstupuje z okolního prostředí do materiálu a spojuje dva přilehlé body na průsečíku profilu s osou X. [9]

2.2.2.3 Omezení výšky a/nebo rozteče

Jedná se o nejmenší výšku a nejmenší rozteč výstupků a prohlubní posuzovaného profilu.

2.2.2.4 Prvek profilu

Jedná se o výstupek profilu a přilehlou prohlubeň. [9]



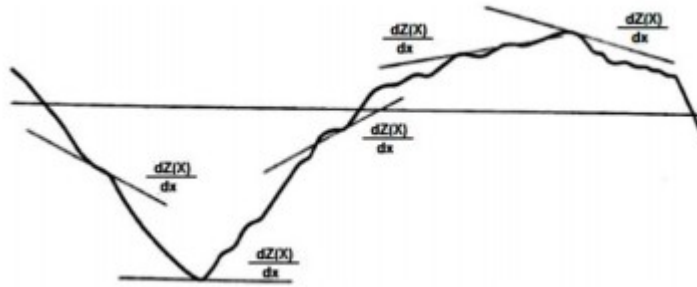
Obr.13. Prvek profilu [9]

2.2.2.5 Hodnota pořadnice

Jedná se o výšku posuzovaného profilu v libovolné poloze x. Výška se posuzuje za kladnou, pokud leží pořadnice nad osou X a záporná naopak. [9]

2.2.2.6 Místní sklon

Jedná se o sklon posuzovaného profilu. [9]



Obr. 14. Místní sklon [9]

2.2.2.7 Výška výstupku profilu Z_p

Jedná se o vzdálenost mezi osou X a nejvyšším bodem výstupku profilu. [9]

2.2.2.8 Hloubka prohlubně profilu Z_v

Jedná se o vzdálenost mezi osou X a nejnižším bodem prohlubně profilu. [9]

2.2.2.9 Výška prvku profilu Z_t

Jedná se o součet výšky výstupku a hloubky prohlubně prvku profilu. [9]

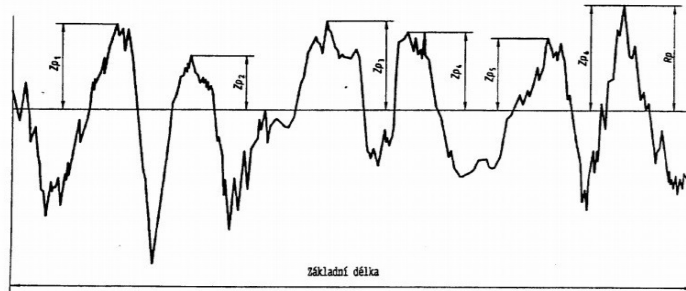
2.2.2.10 Šířka prvku profilu X_s

Jedná se o délku úseku osy X, která protíná prvek profilu [9]

2.2.3 Parametry profilu povrchu

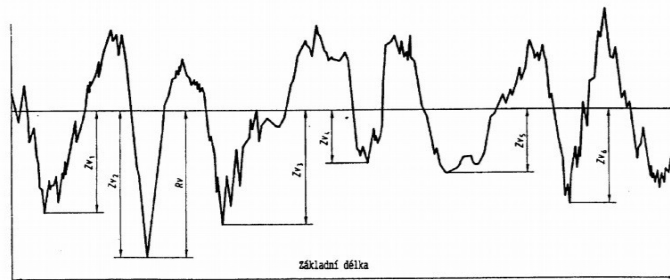
2.2.3.1 Výškové parametry (výstupky a prohlubně)

- největší výška výstupku profilu P_p , R_p , W_p - jedná se o výšku Z_p nejvyššího výstupku profilu v rozsahu základní délky [9]



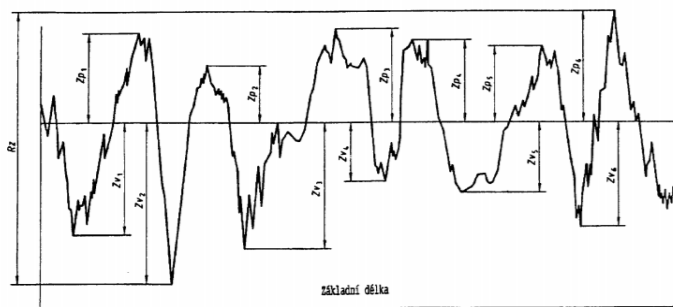
Obr.15. Největší výška výstupků profilu [9]

- největší hloubka prohlubně profilu P_v , R_v , W_v - jedná se o hloubku Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky [9]



Obr.16. Největší hloubka prohlubně profilu [9]

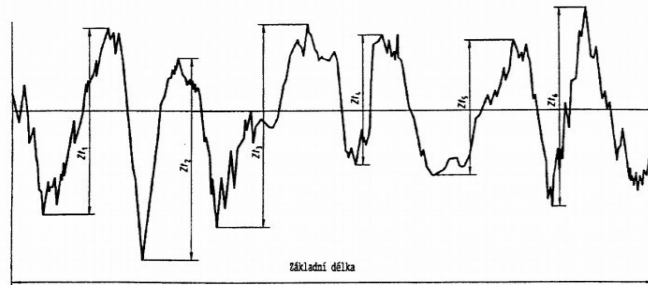
- největší výška profilu P_z , R_z , W_z - jedná se o součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky [9]



Obr.17. Největší výška profilu [9]

- průměrná výška prvků profilu P_c , R_c , W_c - jedná se o průměrnou hodnotu výšek Z_t prvků profilu v rozsahu základní délky kde:

$$P_c, R_c, W_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_{ti} \quad (1)$$



Obr.18. Výška prvků profilu [9]

- celková výška profilu P_t , R_t , W_t - jedná se o součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu vyhodnocované délky [9]

2.2.3.2 Výškové parametry (průměrné hodnoty pořadnic)

- průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu P_a , R_a , W_a - jedná se o aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic Z_x v rozsahu základní délky.

$$P_a, R_a, W_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx \quad (2)$$

kde: $l = l_p, l_r$ popřípadě l_w

Z hodnoty R_a není možno získat 100% informace o tvaru nepravidelnosti povrchu.

- Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu P_q , R_q , W_q - jedná se o kvadratický průměr pořadnic Z_x v rozsahu základní délky. [9]

$$P_q, R_q, W_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l |Z^2(x)| dx} \quad (3)$$

kde: $l = l_p, l_r$ popřípadě l_w

- šikmost posuzovaného profilu Psk , Rsk , Wsk - jedná se o podíl průměrné hodnoty třetích mocnin pořadnic Zx a třetí mocniny hodnoty Pq , Rq či Wq v rozsahu základní délky

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \left[\frac{1}{lr} \int_0^{lr} |Z^3 x| dx \right] \quad (4)$$

Směr šikmosti závisí na faktu, zda většina parametrů leží nad či pod střední čarou a dává možnost lépe rozlišovat povrchy se stejnou hodnotou parametru Ra . [9]

- špičatost posuzovaného profilu Pku , Rku , Wku - jedná se o podíl průměrné hodnoty čtvrtých mocnin pořadnic Zx a čtvrté mocniny hodnoty Pq , Rq či Wq v rozsahu základní délky

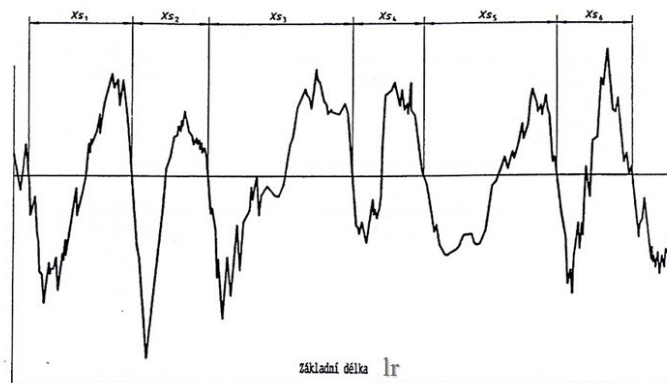
$$Rku = \frac{1}{Rq^2} \left[\frac{1}{lr} \int_0^{lr} |Z^4 x| dx \right] \quad (5)$$

Špičatost ukáže, zda jsou vrcholy rozloženy rovnoměrně kolem střední čáry a vysoké hodnoty parametru Rku naznačují špičatý profil. [9]

2.2.3.3 Délkové parametry

- průměrná šířka prvků profilu Psm , Rsm , Wsm - jedná se o aritmetický průměr šířek Xs prvků profilu v rozsahu základní délky [9]

$$Psm, Rsm, Wsm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Xs_i \quad (6)$$

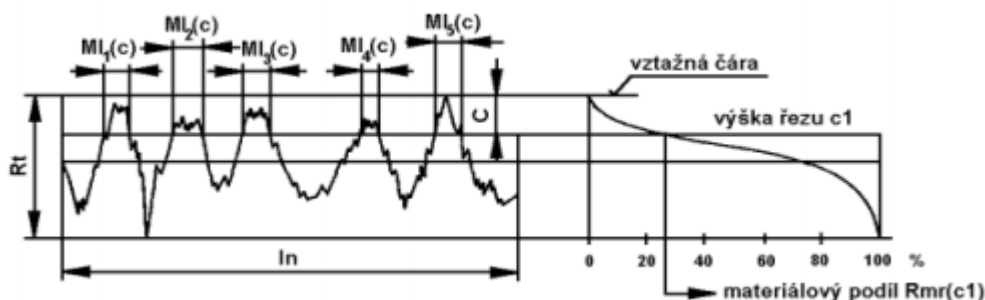


Obr.19. Šířka prvků profilu [9]

2.2.3.4 Křivky a odpovídající parametry

Odpovídající parametry i veškeré křivky jsou definovány spíše na vyhodnocované délce než na délce základní. Toto poskytuje stabilnější křivky a parametry.

- materiálový poměr profilu (nosný podíl) $P_{mr}(c)$, $R_{mr}(c)$, $W_{mr}(c)$ - jedná se o poměr délky materiálu elementů profilu $MI(c)$ na dané úrovni c .
- křivka materiálového poměru profilu (nosná křivka) - jedná se o Abbott Firestonovu křivku, která představuje materiálový poměr profilu v závislosti na výšce úrovně a je jedním z nejdůležitějších parametrů při hodnocení povrchu. Tato křivka může být interpretována jako vzor funkce kumulativní pravděpodobnosti hodnot pořadnic $Z(x)$ v rozsahu vyhodnocované délky. [9]



Obr.20. Křivka materiálového poměru [9]

Pro zabezpečení toho, aby křivka materiálového poměru odpovídala skutečnosti, má být vzdálenost pořadnic profilu drsnosti vybrána dostatečně malá. U povrchů majících velmi malou drsnost či téměř ideální geometrickou rovinnost nemá takové jemné rozřídění žádný smysl. [10]

Plochy nad a pod oblastí křivky materiálového poměru, která stanovuje jádro drsnosti R_k , odpovídají ploše řezu výstupků a prohlubní, které přesahují jádro profilu.

- rozdíl výšky úseku profilu $P\delta c$, $R\delta c$, $W\delta c$ - jedná se o svislou vzdálenost mezi úrovněmi dvou úseků daného materiálového poměru

$$R\delta c = C(R_{mr1}) - C(R_{mr2}); (R_{mr1} < R_{mr2}) \quad (7)$$

- vzájemný materiálový poměr P_{mr} , R_{mr} , W_{mr} - jedná se o materiálový poměr určený na úrovni části profilu $R\delta c$, vztažený k úrovni $C0$ [9]

$$P_{mr}, R_{mr}, W_{mr} = P_{mr}, R_{mr}, W_{mr} (C1) \quad (8)$$

kde: $C1 = C0 - R\delta c$ (či $P\delta c$ nebo $W\delta c$)

$$C0 = C (P_{mr0}, R_{mr0}, W_{mr0})$$

2.3 parametry 3D

V posledních letech je velkou snahou definovat povrch 3D parametry. Lépe se tak kvantifikuje mikrogeometrie povrchu. Zatímco parametry 2D jsou hodnoceny z jednoho profilu, parametry 3D jsou určovány z celé plochy a jsou odvozeny od již zmíněných parametrů 2D. Na rozdíl od 2D parametrů, které jsou označovány symbolem R, jsou parametry 3D označovány symbolem S, aby bylo jasně prokázáno, že měření probíhá po celé ploše. [7]

2.3.1 Základní parametry pro hodnocení 3D

Základní normou týkající se hodnocení povrchu ve 3D je ČSN EN ISO 25178-2.

Výškové parametry jsou určeny na základě dané plochy [11]

- základ průměrné výšky čtvercem omezené stupnice povrchu S_q - jedná se o vymezení průměrné hodnoty čtverce hodnot koordinace uvnitř plochy definice (A) [11]

S_q je dán vztahem:

$$S_q = \sqrt{\frac{1}{A} \iint_A z^2(x, y) dx dy} \quad (9)$$

- šikmost omezené stupnice povrchu S_{sk} - jedná se o kvocient průměrné hodnoty koordinační krychle a hodnot krychle S_q uvnitř určené plochy (A) [11]

S_{sk} je dán vztahem:

$$S_{sk} = \frac{1}{S_q^3} \left[\frac{1}{A} \iint_A z^3(x, y) dx dy \right] \quad (10)$$

- špičatost omezené stupnice povrchu S_{ku} - jedná se o kvocient čtvrté mocniny hodnoty koordinace a hodnoty čtvrté mocniny S_q uvnitř určené plochy (A) [11]
 S_{ku} je dán vztahem:

$$S_{ku} = \frac{1}{S_q^4} \left[\frac{1}{A} \iint_A z^4(x, y) dx dy \right] \quad (11)$$

- maximální výška píku omezené stupnice povrchu S_p - jedná se o největší hodnotu píku uvnitř určené plochy [11]
- maximální hloubka prohlubně omezené stupnice povrchu S_v - jedná se o hloubku prohlubně uvnitř určené plochy zmenšené o její nejmenší hodnotu [11]
- maximální výška omezené stupnice povrchu S_z - jedná se o součet maximální hodnoty výšky píku a maximální hodnoty hloubky prohlubně uvnitř určené plochy [11]
- aritmetický průměr výšky omezené stupnice povrchu S_a - jedná se o aritmetický průměr absolutních hodnot koordinace uvnitř určené plochy (A) a je dán vztahem:

$$S_a = \frac{1}{A} \iint_A |z(x, y)| dx dy \quad (12)$$

3 HODNOCENÍ TECHNICKÝCH POVRCHŮ VÍCEROZMĚRNOU STATISTICKOU ANALÝZOU

Jednorozměrné analytické informace, které jsou obsaženy v náhodném skaláru ξ se v technické praxi velice často vyskytují společně s analytickými informacemi vícerozměrnými. Ty jsou obsaženy v náhodném vektoru ξ s m složkami ξ_1, \dots, ξ_m . Příklady vícerozměrných dat je možné nalézt:

- vyjádření vlastností produktů (např. slitin, olejů) pomocí rozličných analytických metod
- hodnocení spekter pomocí velikostí píků, poloh a ploch absorpčních pásů. Tohoto hodnocení se využívá např. pro charakterizaci či identifikaci chemických sloučenin
- sledování složek produktů, surovin i odpadů v závislosti na místě výskytu či na čase
- regulace jakosti dle různých procesních proměn
- stanovení charakteristiky produktu na základě měření na sobě závislých znaků [12]

3.1 Základ vícerozměrné statistické analýzy

Vícerozměrná statistická analýza je založena na skrytých proměnných, jenž jsou lineární kombinací proměnných původních. Data se zapisují do zdrojové matice, kde ve sloupcích nalezneme proměnné a objekty jsou v řádcích. Před samotným zpracováním musí být data škálována. Cílem je najít množinu podobných objektů čili shluk s podobnými proměnnými. Podobnost těchto objektů se posuzuje dle míry vzdálenosti objektů v m -rozměrném prostoru. Čím je vzdálenost shluků od sebe větší, tím méně se sobě podobají. K rychlému posouzení podobnosti se používají grafy exploratorní analýzy vícerozměrných dat. Vazby a strukturu mezi jednotlivými proměnnými popisují metody snížení dimensionality, metoda hlavních komponent (PCA). Důležitými pomůckami jsou rozptylový graf, kde jsou zobrazeny objekty rozptýlené v rovině prvních dvou hlavních komponent, a graf komponentních vah, jenž porovnává vzdálenosti mezi proměnnými. Kratší vzdálenost je známkou silné korelace.

Objekty je možno seskupovat do shluků a to buď hierarchicky, tzn. nejbližším či nejvzdálenějším sousedem, průměrově, centroidně, mediánově, mezi těžišti a průměrnou vazbou, či nehierarchicky. Výsledkem tvorby shluků je dendrogram. [13]

Před vlastním použitím patřičné metody vícerozměrné statistické analýzy je potřeba vždy provést exploratorní datovou analýzu EDA. Na základě této analýzy je možné:

- posuzovat podobnost objektů a to pomocí rozptylových a symbolových grafů
- nalézt vychýlené objekty
- stanovit, zda je možné použít předpoklad lineárních vazeb
- ověřit předpoklady o datech, čili ověřit normalitu, homogenitu i nekorelovanost

Jednotlivé techniky, které se používají pro určení vzájemných vazeb, se dále dělí podle toho, co se snaží najít, tedy strukturu a vazby v proměnných či v objektech. Pro zjišťování struktury a vazby v objektech se využívá faktorová analýza FA, analýza hlavních komponent PCA, shluková analýza, vícerozměrné škálování či korespondenční analýza. Důležitou metodou, která se používá pro určení vzájemných vazeb mezi proměnnými je také kanonická korelační analýza CCA. Tato metoda se používá ke zkoumání závislosti dvou proměnných skupin, přičemž první skupina je považována za nezávislé proměnné a druhá za proměnné závislé. U většiny metod vícerozměrné statistické analýzy je možné zpracování lineárních vícerozměrných modelů. [13]

3.2 Analýza hlavních komponent PCA

Jednou z nejstarších a nejvíce používanou metodou vícerozměrné statistické analýzy je metoda hlavních komponent PCA. Jedná se o metodu, která zjednodušuje popis skupiny vzájemně lineárně závislých čili korelovaných znaků. V této analýze nejsou znaky děleny na závislé a nezávislé proměnné. Cílem této analýzy je transformace dat z prvotních proměnných či znaků do menšího počtu skrytých proměnných. Nové nekorelované proměnné mají vhodnější vlastnosti, vystihují téměř celou proměnlivost znaků a nazývají se hlavními komponentami. Základní charakteristikou každé hlavní komponenty je její rozptyl čili míra variability a představují lineární kombinaci původních znaků. Jsou seřazeny dle důležitosti od největšího rozptylu k nejmenšímu, přičemž většina informací o variabilitě původních dat je obsažena v první komponentě a nejméně v poslední. [13]

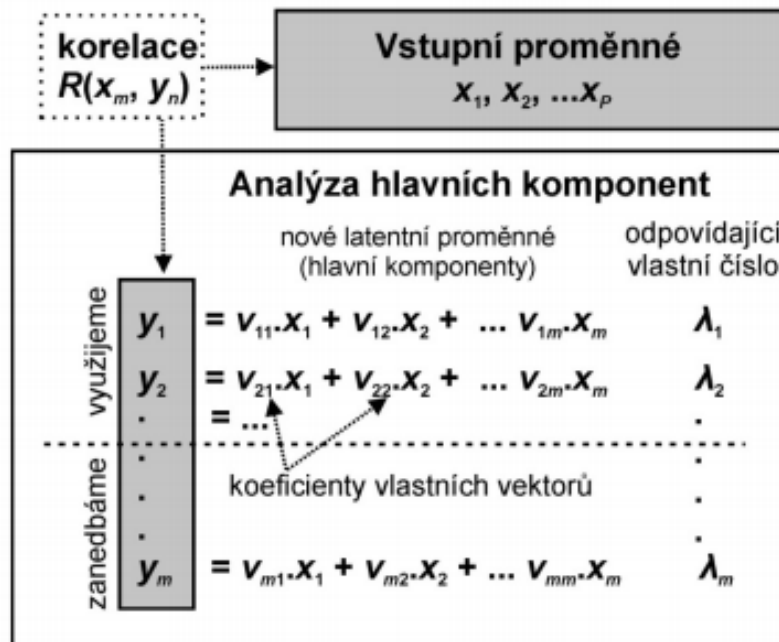
První hlavní komponenta má tvar:

$$y_1 = \sum_{j=1}^m v_{1j} x_j = v_1^T x, \quad (13)$$

kde: x - objekt, který obsahuje znaky x_1, \dots, x_m

v_1^T - vektor koeficientů $(v_{11}, \dots, v_{1m})^T$

V této analýze platí pravidlo: jestliže má nějaký původní znak malý rozptyl či dokonce žádný, nemá možnost přispívat k rozlišení mezi objekty, není toho schopen. [13]



Obr.21. Schéma metody hlavních komponent [13]

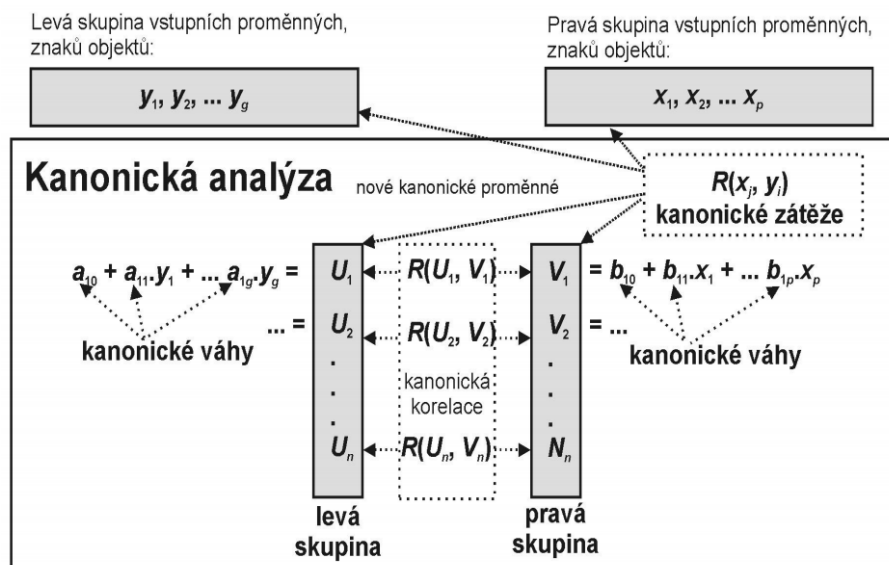
3.3 Faktorová analýza FA

Jedná se o metodu, která slouží k vyšetření struktury a vzájemných vazeb mezi proměnnými. Ve faktorové analýze dochází k redukci počtu znaků na menší počet latentních proměnných a předpokladem je, že každá vstupující proměnná lze vyjádřit jako lineární kombinace nevelkého počtu společných latentních faktorů a jediného faktoru chybového. Je zde tedy snaha o vysvětlení závislosti proměnných. [13]

3.4 Kanonická korelační analýza CCA

Kanonická korelační analýza je metoda, která se používá ke zkoumání závislosti mezi dvěma skupinami proměnných. Hledají se zde lineární kombinace znaků obou skupin a tím vedou k maximálním vzájemným korelacím. První skupina je považována za závisle proměnné a druhá za proměnné nezávislé. Toto rozdělení však nemá vliv na řešení problému, je čistě účelové. V podstatě se jedná o rozšířenou metodu vícenásobné lineární regrese a korelační analýzy.

Podstata této metody spočívá v hledání koeficientů každé skupiny znaků tak, aby mezi vyčíslenými kanonickými znaky byl vykazován maximální párový korelační koeficient. Druhý největší korelační koeficient je pak uveden u další hledané lineární korelace, a to za podmínky, že neexistuje korelace s prvními kanonickými znaky. První kanonická korelace je tedy tou největší možnou korelací mezi lineárními kombinacemi závisle proměnných s nezávisle proměnnými. [13]



Obr.22. Schéma kanonické korelační analýzy [13]

3.5 Diskriminační analýza

Diskriminační analýza patří mezi metody, které se zabývají zkoumáním závislosti mezi dvěma či více skupinami objektů charakterizovaných více znaky. Hodnotami diskrimináto-

rů získaných ze vstupních dat jsou u všech objektů dány zařazené objekty do primárních tříd. Mohou se tedy zařadit do již existujících tříd. Ve vstupních datech jsou dány i nezařazené objekty a pro tyto je nutné hledat zařazení do tříd. Objekt je do třídy zařazen dle jeho největší míry podobnosti.

Při této analýze se usiluje o vyčíslení hodnoty diskriminační funkce, díky níž je usnadněné zařazení do primární třídy. Navíc se vyčíslené hodnoty diskriminační funkce používají ke třídění nezařazených objektů do již známých primárních tříd. Každá primární třída je vystihována hustotou pravděpodobnosti. [13]

3.6 Logistická regrese LR

Logistická regrese je vlastně alternativním postupem k metodě nejmenších čtverců a to v případě, že proměnná je binární. Od lineární regrese se logistická regrese odlišuje v předvídání pravděpodobnosti, která se stala či nikoliv. Pravděpodobnost je tedy rovna 0, nebo 1. Pro vytvoření vazebné podmínky se používá tzv. logitová transformace, která vede k sigmoidálnímu vztahu mezi závisle proměnnou a vektorem nezávisle proměnných. Pravděpodobnost proměnné se blíží k nule, jestliže nezávisle proměnná vykazuje velmi nízké hodnoty. V opačném případě se blíží k jedné. Logistická regrese používá kategorickou, závisle proměnnou. Naopak lineární regrese využívá pouze spojitou, závisle proměnnou. Hlavní roli v logistické regresi hraje logitová transformace, jenž vychází z tzv. poměru naděje či šancí. [13]

3.6.1 Binární logistická regrese

Binární logistická regrese se týká binární závislé proměnné, která může nabýt pouze dvou hodnot, například muž a žena. Vektor, který vysvětluje nezávisle proměnné může obsahovat jeden či více znaků. Tyto znaky jsou buď spojité nazývané prediktory, či kategorické, které se nazývají faktory. [13]

3.6.2 Ordinální logistická regrese

Tato regrese se zabývá ordinální závislou proměnnou, která nabývá dvou i více možných stavů charakteru. Vektor, který vysvětluje nezávisle proměnné může obsahovat prediktory i faktory. [13]

3.6.3 Nominální logistická regrese

Nominální logistická regrese se týká nominální závislé proměnné, který má více než tři úrovně různých stavů. Vektor, který vysvětluje nezávislé proměnné může obsahovat prediktory i faktory. [13]

3.7 Vícerozměrné škálování MDS

Jedná se o exploratorní techniku, kde se vytvoří vizuální diagram relativního umístění objektů v rovině dvojrozměrného grafu. Dvojrozměrný graf je vytvořen na základě redukce dat vzdáleností mezi objekty. jedná se o tzv. matici proximity čili matici relací. Graf může obsahovat jeden, dva, tři a občas i více rozměrů. [13]

3.8 Jednofaktorová analýza rozptylu ANOVA

V praxi je ANOVA používána buď jako samostatná technika, nebo se používá jako postup pro umožnění analýzy zdrojů variability u lineárních statistických modelů. Cílem analýzy rozptylu je zjistit, které z kvalitativních, či kvantitativních proměnných ovlivňují významně sledované veličiny. [13]

3.8.1 Základní předpoklady

Před samotným použitím jednofaktorové analýzy rozptylu je nutné, aby byly ověřeny předpoklady o výběru:

- data pochází z normálního rozdělení
- rozptyly sloupcových výběrů jsou stejné (homoskedasticita)
- každý sloupec je pouze náhodným výběrem ze souboru, kde každý má stejnou pravděpodobnost, že do výběru bude vybrán. [13]

3.8.2 Druhy porovnávacích metod

Všechny metody, které se používají pro vícenásobné porovnávání předpokládají nezávislost mezi sloupcovými výběry, homoskedasticitu a normalitu (s výjimkou Kruskalova-Wallisova testu). [13]

Příslušná porovnávací metoda je volena podle toho, zda víme, co se bude v průběhu experimentu porovnávat, nebo je na výběr mezi všemi či jen některými porovnávacími meto-

dami a zda se budou rozlišovat chyby metodické nebo i experimentální. Mezi porovnávací metody patří:

- Bonferroniho porovnávání všech párů - jedná se o test, jenž má odhalit všechny lišící se páry
- Bonferroniho porovnávání sloupců vůči kontrolnímu - jeden sloupec je představitelem kontrolního sloupce a všechny ostatní sloupce se s ním porovnávají
- Standardní porovnávání - jedná se o test významnosti daného zvoleného porovnání. Toto porovnání se týká metodické chyby a může se volit standardní porovnávání, porovnání ortogonálními polynomy, porovnání každého sloupce s prvním, porovnání každého sloupce s posledním, porovnání při více než třech uživatelských kontrastech či některá z dalších možných voleb.
- Kruskalovo-Wallisovo porovnání Z-skóre - jedná se o metodu, kdy hodnoty Z-skóre jsou použity k porovnání sloupcových mediánů v páru, kdy nebyl splněn předpoklad normálního rozdělení.
- Scheffého porovnání - tato metoda vyšetřuje všechna možná porovnání sloupcových průměrů. [13]

4 ANALÝZA SHLUKŮ CLU

Shluková analýza je metodou, která se zabývá vyšetřováním podobnosti vícerozměrných objektů. Je tedy zaměřena na objekty s větším množstvím znaků a jejich následnou charakterizaci do shluků. Objevené shluky popisují strukturu dat, ale jen s ohledem na vybrané znaky, avšak nedochází k rozlišení znaků na významné a nevýznamné. Tato metoda se hodí převážně pro objekty, které projevují přirozenou náklonnost k seskupování, přičemž použity by měly být právě takové znaky, jenž dostatečně odlišují dané objekty. [13]

4.1 Identifikace odlehlých objektů

Shluková analýza je velice citlivá na přítomnost nevýznamných znaků a přítomnost odlehlých objektů. Odlehlé objekty se velmi silně liší od všech ostatních objektů. Právě z těchto důvodů je shluková analýza vhodná pro odhalování struktury objektů. [13]

4.2 Míry podobnosti

Podobnost mezi jednotlivými objekty je základním kritériem pro tvorbu shluků. Nejprve se určují znaky stanovující podobnost a ty se dále kombinují do podobnostních měr. Podobné objekty se navzájem přiřazují do jednotlivých shluků. Způsoby měření podobnosti se mohou rozdělit do tří základních skupin. [13]

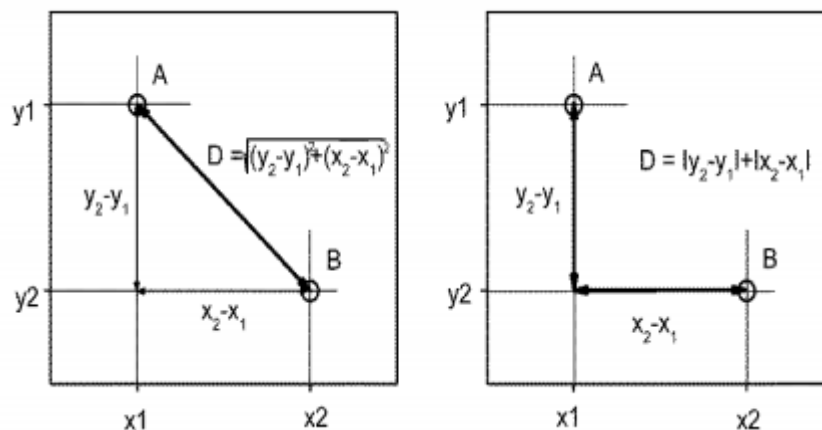
4.2.1 Korelační míry

Objekty či znaky jsou vyjádřeny v kardinální škále a jejich mírou podobnosti pak může být Pearsonův párový korelační koeficient. Čím větší je párový korelační koeficient a blíže jedničce, tím jsou si objekty podobnější. Jestliže se jedná o ordinální škály, pak obdobnou mírou podobnosti je Spearmanův korelační koeficient. [13]

4.2.2 Míry vzdálenosti

Míry vzdálenosti jsou nejčastěji používané míry, kde souřadnice objektů v prostoru tvoří jednotlivé znaky. Při analýze se používá profilový diagram a pozornost je zde zaměřena na velikost hodnot a vyhledávání křivek, které jsou blízko sebe. Nezáleží však na odlišnosti tvaru křivek jednotlivých znaků. Použitím míry vzdálenosti se získají jiné shluky, než při použití korelace. [13]

Nejčastěji se jako míra vzdálenosti používá eukleidovská vzdálenost, která se též nazývá geometrickou metrikou. Ta představuje délku přepony pravoúhlého trojúhelníka a základem výpočtu je Pythagorova věta. Další mírou vzdálenosti, která se používá je čtverec eukleidovské vzdálenosti. Ten tvoří základ Wardovy metody shlukování. [13]



Obr.23. Nejpoužívanější míry vzdálenosti: (vlevo) eukleidovská D , (vpravo) manhattanská vzdálenost D [13]

Často se také používá manhattanská vzdálenost, která se rovněž nazývá vzdáleností městských bloků či Hammingova metrika. U této vzdálenosti se nejprve musíme ujistit, že značky spolu nekorelují. Kdyby tato podmínka nebyla splněna, vznikly by nesprávné shluky. [13]

4.2.3 Míry asociace

V případě nemetrických binárních charakteristik se pro porovnání objektů používají míry asociace. [13]

4.3 Způsoby shlukování

Shlukem se rozumí skupina objektů, kde vzdálenost mezi objekty je menší než s objekty, které do shluků nepatří. Podle postupu, jakými objekty shlukujeme, dělíme je dále na hierarchické a nehierarchické. [13]

4.3.1 Hierarchické shlukovací postupy

Shlukovací postupy jsou založeny na hierarchickém uspořádání. To znamená, že objekty jsou spojovány do shluků a tyto do dalších větších shluků. Graficky se shluky zobrazují pomocí vývojového stromu či dendrogramu. Existují zde další dva způsoby shlukování, a to aglomerační shlukování, kde se spojí do shluku dva objekty s nejmenší vzdáleností, vypočítá se nová matice vzdáleností, v níž chybí objekty z prvního shluku. Tato metoda se stále opakuje dokud se nevytvoří jeden velký shluk, nebo určitý, předem zadaný počet shluků. Druhým způsobem je divizní postup, jenž je k aglomeračnímu shlukování opakem. [13]

4.3.2 Nehierarchické shlukovací postupy

Do nehierarchické metody se řadí dvě základní varianty. Patří sem optimalizační metody, kde přerazováním objektů ze shluků do shluků se minimalizuje nebo maximalizuje určitá charakteristika rozkladu. Druhou variantou je analýza módů, medoidů. Zde jsou shluky chápány jako prostor s vyšší koncentrací objektů v m -rozměrném prostoru proměnných. [13]

4.4 Metody metriky shlukování

Uspořádání objektů do shluků je prováděno různými způsoby. Mezi metody metriky shlukování patří metoda průměrová, metoda centroidní, metoda nejbližšího a nejvzdálenějšího souseda, metoda mediánová a Wardova metoda. [13]

4.4.1 Metoda průměrová

Měřítkem pro vznik shluků je průměrná vzdálenost všech objektů v jednom shluku od všech objektů ve shluku druhém. Dendrogramy mají podobnou strukturu jako při použití metody nejbližšího souseda s tím rozdílem, že spojení je obvykle provedeno při vyšších vzdálenostech. [13]

4.4.2 Metoda centroidní

Jedná se o vzdálenost shluků, které jsou počítány jako eukleidovská vzdálenost jejich těžišť. Nejbližšími shluky jsou ty, jenž mají nejmenší vzdálenost mezi těžišti. [13]

4.4.3 Metoda nejbližšího souseda

Kritériem tvorby shluků je minimální vzdálenost mezi dvěma objekty. Přidáním třetího nejbližšího objektu se vytvoří další objekt. V této metodě jsou tvořeny nové shluky na základě nejkratších vzdáleností mezi shluky, není proto možné rozlišit špatně oddělené shluky. Je to však jedna z mále metod, která dokáže rozlišit a roztrždit i neeliptické shluky. [13]

4.4.4 Metoda nejvzdálenějšího souseda

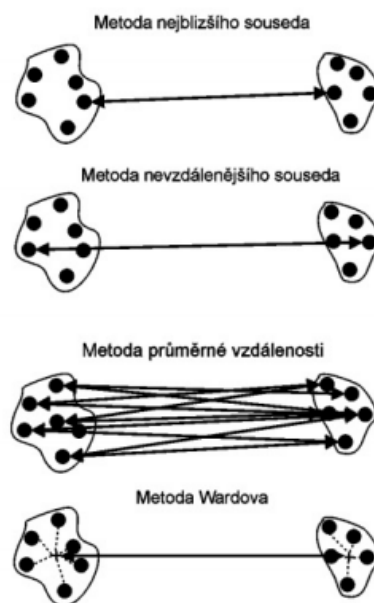
Kritériem je maximální vzdálenost dvou shluků. Celá metoda probíhá podobně jako u metody nejbližšího souseda. Jedinou výjimkou je, že vzdálenost mezi shluky se určuje dle vzdálenosti mezi dvěma objekty, kde každý objekt je z jiného shluku. [13]

4.4.5 Metoda mediánová

Jedná se o určitou inovaci metody centroidní. Tato metoda se snaží odstranit rozdílné významnosti, které metoda centroidní přiřazuje různě velkým shlukům. [13]

4.4.6 Wardova metoda

Tato metoda není založena na optimalizaci vzdáleností mezi shluky, nýbrž na minimalizaci ztráty informací při spojení dvou tříd. V každém kroku se bere v potaz takový pár objektů či shluků, aby suma čtverců odchylek od střední hodnoty dosáhla svého minima právě při vzniku shluku. [13]

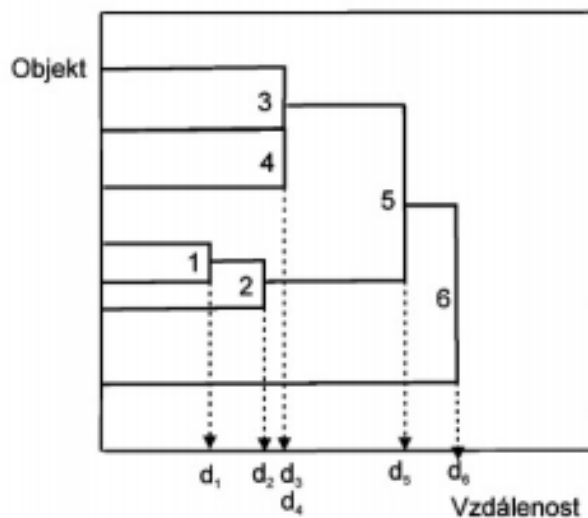


Obr.24. Nejčastěji využívané metriky shlukování [13]

4.5 Dendrogramy hierarchického shlukování

Shlukovou analýzou je možné sledovat a vyšetřovat podobnost objektů či proměnných. Při vyšetřování podobnosti objektů je pro analýzu používána dendrogram objektů a k sledování podobnosti proměnných se využívá dendrogramu proměnných.

Dendrogram nebo-li diagram shluků či vývojový strom se sestavuje v případě, kdy je k dispozici matice původních proměnných. Dendrogram zobrazuje rozlišení znaků v jednotlivých shlucích. Znaky, které mají značnou vzájemnou podobnost leží blízko sebe a jsou propojeny úsečkou ležící nízko. Znaky, které jsou naopak propojeny hodně vysoko, mají velmi malou podobnost a vykazují mezi sebou velkou vzdálenost. [13]



Obr.25. Postupná výstavba dendrogranu [13]

4.5.1 Dendrogram podobnosti objektů

Jedná se o běžný výstup hierarchických shlukovacích metod. Je zde zřetelně vidět struktura objektů ve shlucích. [13]

4.5.2 Dendrogram podobnosti proměnných

Tento dendrogram odhaluje nejčastěji dvojice popř. trojice proměnných, které spolu silně korelují a jsou sobě velice podobné. Odhaluje proměnné ze společného shluku, které si jsou značně podobné a tím pádem nahraditelné. Toho se dá využít při plánování experimentu úsporných ekonomických hledisek. [13]

4.5.3 Míra věrohodnosti

Existuje celá škála technik, kterými lze dendrogram sestrojít. Prvním kritériem těsnosti proložení při volbě nejlepšího dendrogramu je kofenetický korelační koeficient. Ten nejlépe odpovídá složení objektů i skladbě mezi objekty. Jedná se o Pearsonův korelační koeficient mezi skutečnou a předpovídanou vzdáleností. Tento koeficient je založen na dendrogramu. Je-li hodnota koeficientu větší než 0,75, nulová hypotéza o dané struktuře bývá obvykle zamítnuta. Jestliže je tato hodnota 0,9, pak dendrogram neodpovídá skutečné struktuře dat.

Druhým kritériem těsnosti proložení při volbě dendrogramu je kritérium delta Δ . Toto kritérium spíše než stupeň podobnosti měří vytvořeným dendrogramem stupeň distorze. [13]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cílem této diplomové práce je zjistit, zda balotinované díly, které dodává zákazník pro další povrchovou úpravu eloxováním, jsou z hlediska drsnosti povrchu pro parametry Sa a Sz dodávány v takové jakosti, aby nedocházelo k pohledovým odlišnostem. Z praxe je známo, že různá drsnost zapříčiňuje různé barevné odstíny eloxovaných dílů. Měření drsnosti povrchu bylo provedeno ve 3D na profilometru ZIGO New Wiew 8000. Pro statistické vyhodnocení byl použit program MINITAB 17.

Mezi hlavní cíle této bakalářské práce patří:

- kontrola dat metodikou EDA, získání základních statistických charakteristik a grafické znázornění za pomoci rozptylových grafů a box-plotových grafů pro sledované parametry Sa a Sz
- vyšetřování odhadů parametrů trendových složek dílu 1 - 15 pro sledované parametry Sa a Sz v drážkách 1 - 16
- testování hypotézy za pomoci Grubsova testu pro odlehlé hodnoty, že hodnota směrnice b_{max} , resp. b_{min} vznikly náhodně
- použití Anderson-Darlingova testu normality pro posouzení, zda data pochází z normálního rozdělení
- použití jednocestné ANOVY s automatickou Box-Coxovou transformací dat
- použití shlukové analýzy - Wardovy metody pro odhalení, které kusy jsou z hlediska sledovaných parametrů Sa a Sz sobě podobné.

6 MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU

V této části diplomové práce bylo provedeno měření drsnosti povrchu testovaných vzorků. Tyto vzorky jsou určeny k povrchové úpravě eloxováním a do firmy přichází již balotinované. Předmětem zájmu bylo zjistit, zda uvedené vzorky mají vzhledem k drsnosti povrchu shodné parametry S_a a S_z , neboť právě tyto parametry jsou pro daný elox rozhodující. Vzhledem k tomu, že se uvedené díly v dalším procesním kroku povrchově upravují eloxováním s barvením v černé organické barvě, může různá drsnost povrchu zapříčinit odlišnost barevného odstínu eloxovaných dílů.

6.1 Testované vzorky

Pro měření drsnosti povrchu byl vybrán testovací vzorek, který slouží jako držák hladi sportovní vzduchové pistole. Díly jsou vyrobeny ze slitiny hliníku $AlCu_4Mg_1$ a jsou otryskávány balotinou.

Pro hodnocení drsnosti povrchu bylo vybráno 15 vzorků, přičemž každý vzorek je mimo jiné tvořen 16-ti drážkami. Právě tyto drážky jsou vzhledem k přípravě povrchu pro eloxování dosti citlivým místem.



Obr.26. Testovaný vzorek



Obr.27. Testovaný vzorek, boční pohled

6.2 Výběr testované plochy

Povrch zvolených vzorků, připravených k měření, je otryskávaný balotinou. Právě z tohoto důvodu je pravděpodobné, že se drsnost povrchu v jednotlivých drážkách může lišit. Záměrně byla tedy pozornost zaměřena na drsnost povrchu právě v těchto jednotlivých drážkách každého z patnácti dílů.



Obr.28.Měřená plocha - 4x4 mm

6.3 Příprava vzorku

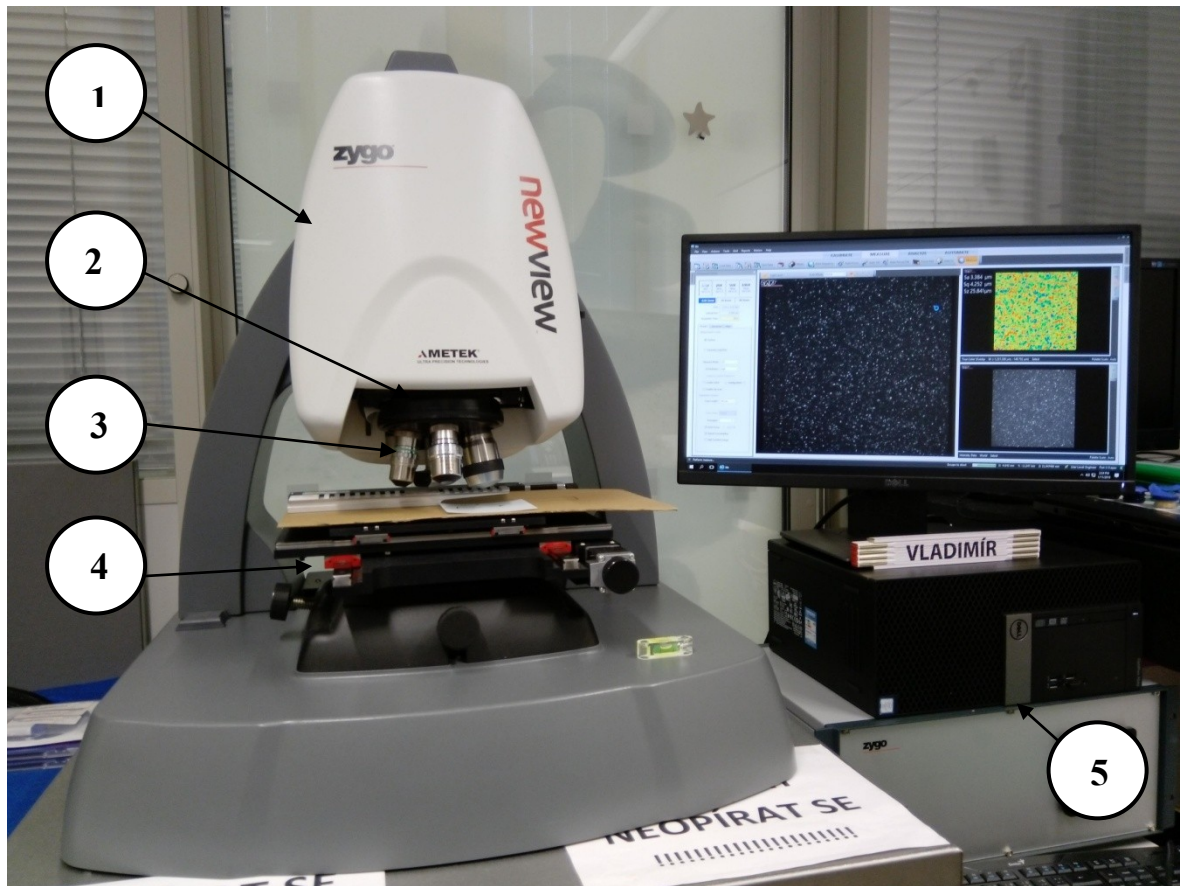
Před zahájením měření se jednotlivé díly očistily jemným kartáčem od nečistot, jež by mohly ovlivnit výsledky měření. Díly se nechaly vytemperovat na okolní teplotu $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, aby nebylo ovlivněno měření.

6.4 Použitý měřicí přístroj

Pro měření vybraných vzorků byl použit 3D optický profilometr ZIGO New Wiew řady 8000. Jedná se o výkonný univerzální systém, který pracuje na bázi bílého světla. Používá se k rychlému bezkontaktnímu 3D měření a lze jím charakterizovat povrchové struktury, drsnost povrchu, výšky schodů, kritické rozměry i topografické prvky. Výšky měřených profilů se mohou pohybovat v rozmezí od 1nm do 20000 μm .

Přístroj se skládá z vyměnitelných objektivů, hlavice pro uchycení objektivů, přibližovacích čoček, bílého světelného zdroje, spektrálního zdroje, skeneru a 5-ti úhlé polohovací

základny. Nedílnou součástí je též joystick, ovládací jednotka a stůl který zabraňuje vibracím.



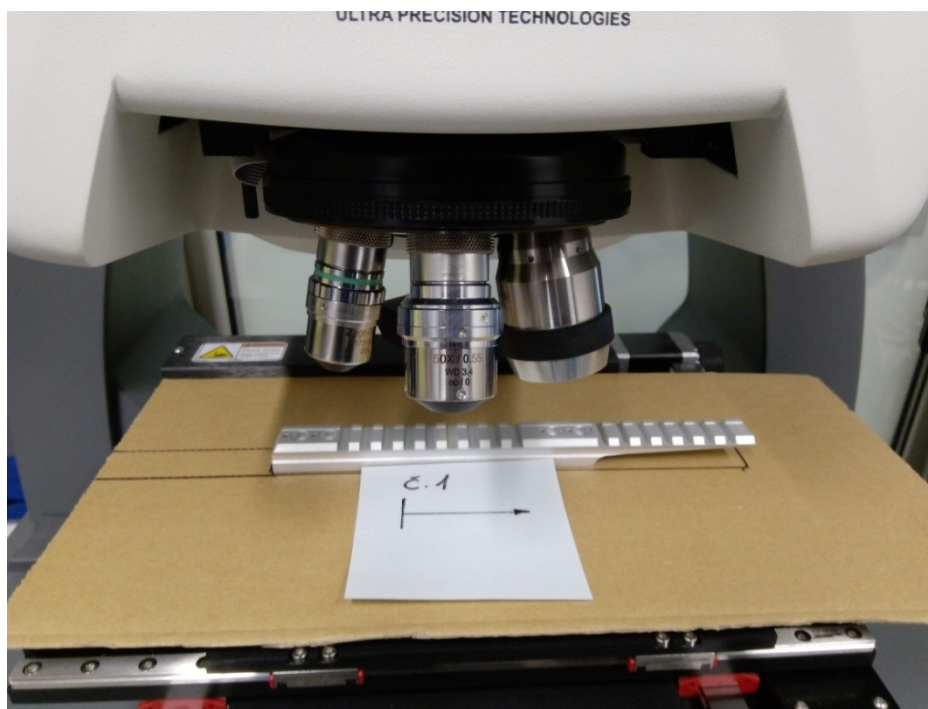
Obr.29.ZIGO NEW VIEV řady 8000, 1 - spektrální zdroj, soustava zrcadel, kondenzační čočka, skenovací zařízení, převodník světelného paprsku, kamera, 2 - hlavice pro uchycení objektivů, přibližovacích čoček a bílého světelného zdroje, 3 - objektivy, 4 - pětiúhlá polohovací základna, 5 - PC/ řídicí jednotka

7 POSTUP MĚŘENÍ

Měření se provádělo na 3D profilometru ZYGO New View 8000. Při měření byl kladen důraz na zachování postupu při ukládání vzorku, aby se docílilo, že náměry drsnosti povrchu budou prováděny přibližně na stejných místech. V laboratoři byla udržována konstantní teplota.

7.1 Uložení vzorku

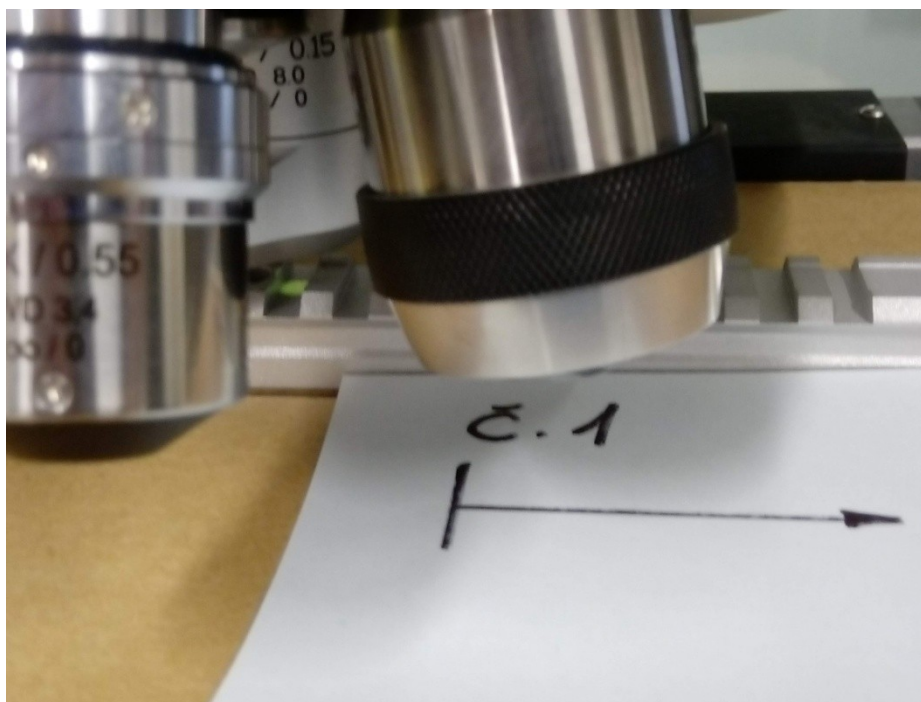
Pro zjednodušení a správné uložení každého dílu byla vyrobena předkreslená šablona, která se ukotvila na základnu měřicího přístroje. Na tuto šablonu byl položen vzorek a vyznačen směr měření pro každý jednotlivý díl.



Obr.30.Šablona pro ukotvení měřeného dílu

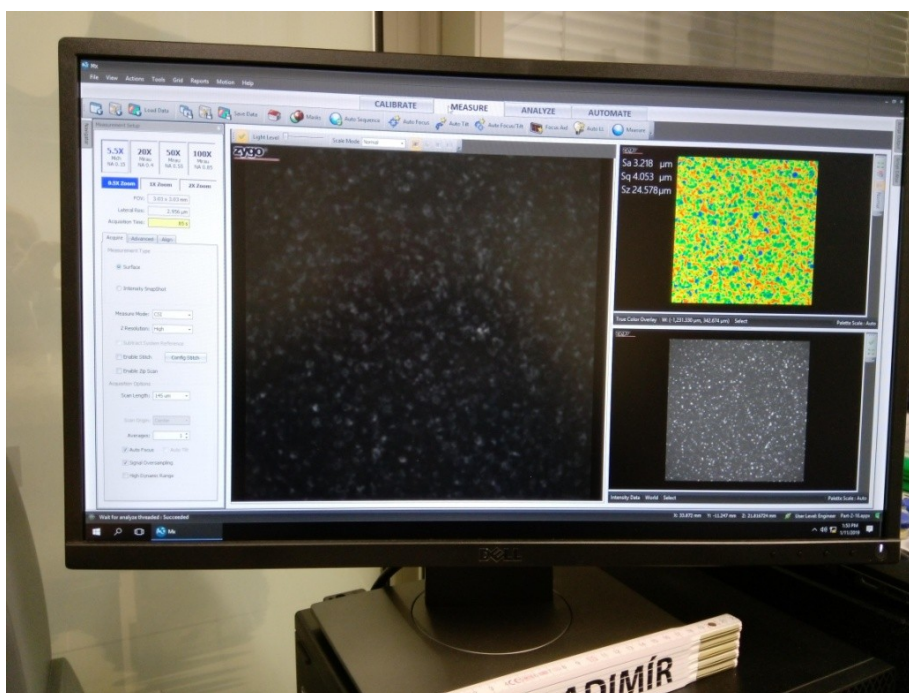
7.2 Postup měření

Po správném uložení vzorku byla joystickem přiblížena sonda měřicího přístroje na požadovanou vzdálenost od vzorku a pomocí světelného bodu byl nastaven střed první drážky.



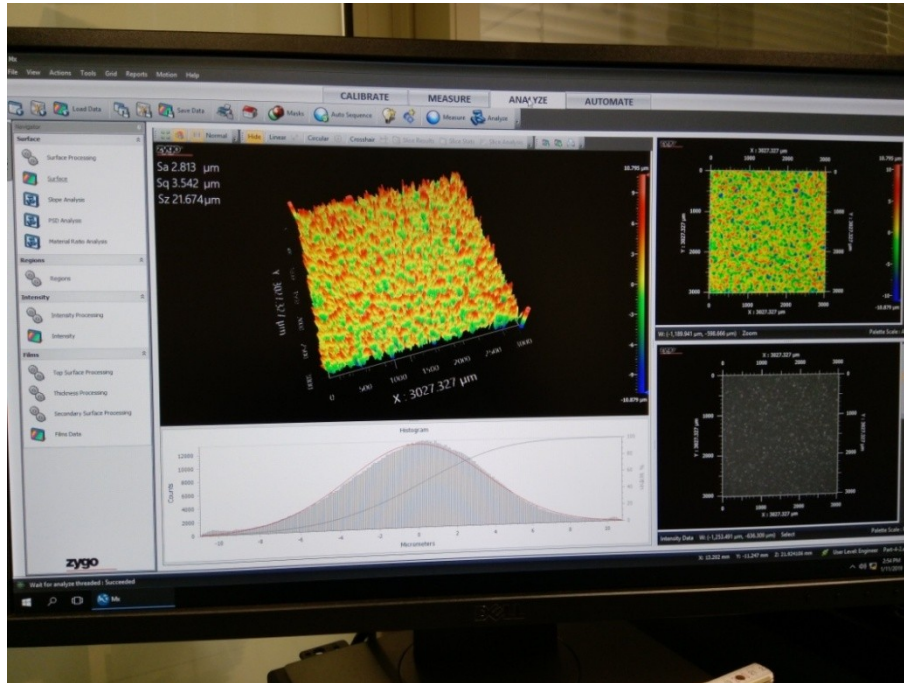
Obr.31. Nastavení světelného bodu na měřenou drážku

Dalším bodem měření bylo nastavení automatické fokuse. Po zaostření povrchu proběhlo samotné měření.

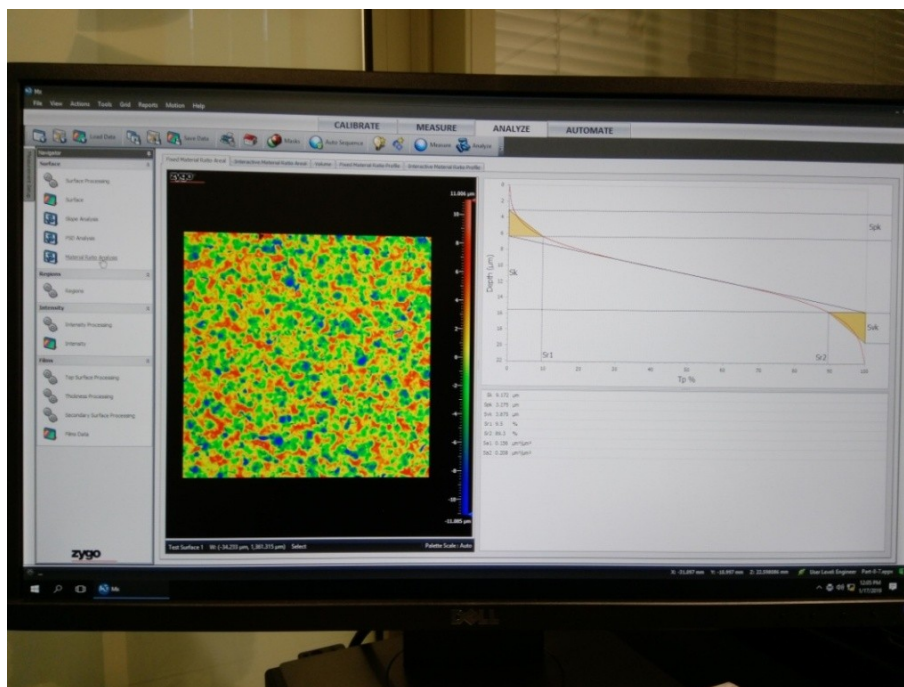


Obr.32. Zaostření povrchu pomocí automatické fokuse

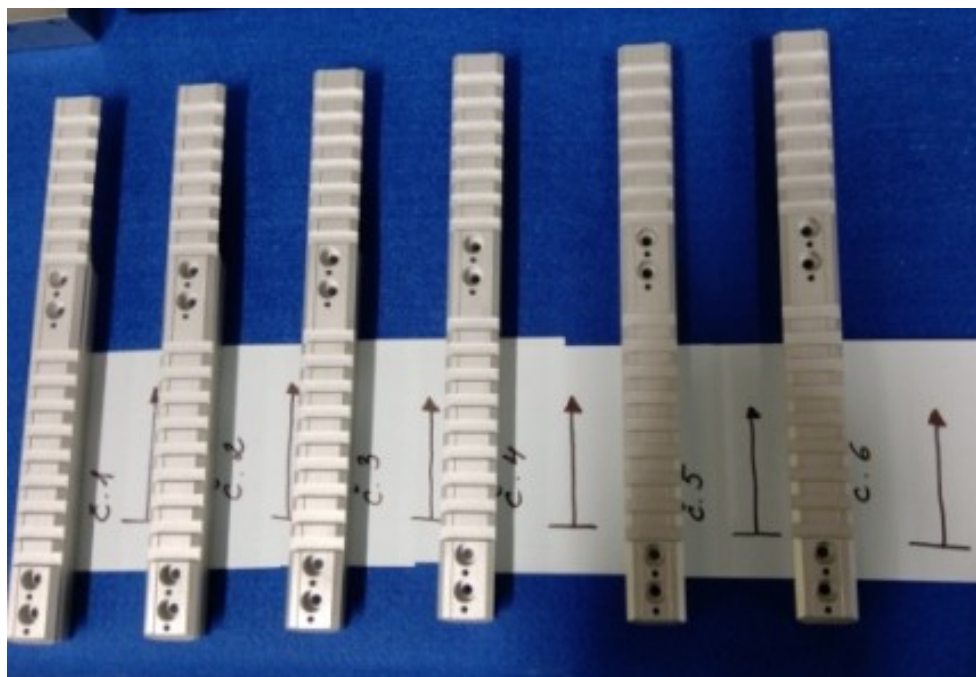
V dalším kroku bylo provedeno analyzování měřeného povrchu, kde se na výstupu zobrazil 3D a 2S SCAN povrchu, Gaussova křivka, Abbot-firestonova křivka a veškeré hodnoty potřebné k vyhodnocení jakosti povrchu.



Obr.33.3D a 2D SCAN povrchu a Gaussova křivka



Obr.34.2D SCAN povrchu a Abbot-firestonova křivka



Obr.35. Vyznačený směr měření u naměřených vzorků

8 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

Ze všech parametrů získaných při bezkontaktním hodnocení drsnosti povrchu byly pro účely statistického vyhodnocení použity parametry Sa a Sz a pro zpracování získaných výsledků byl použit program MINITAB 17.

8.1 Kontrola dat metodikou EDA

U parametrů Sa a Sz byly nejprve provedeny numerické výpočty a tím získány aritmetický průměr, směrodatná odchylka, medián, minimum, maximum, kvartily Q1 a Q3, rozpětí a rozptyl. Vyhodnocená data jsou uvedena v následujících tabulkách pro oba sledované parametry.

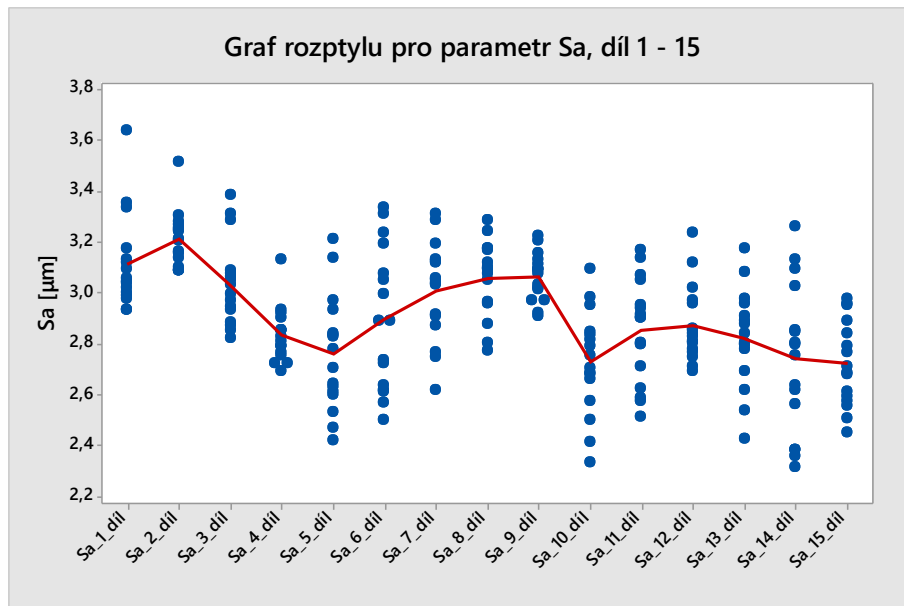
Tab. 1. Hodnocení parametru Sa

Díl č.	\bar{x}	s	s^2	x_{min}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	x_{max}	R
1	3,1166	0,1870	0,0350	2,9320	2,9923	3,0510	3,1655	3,6420	0,7100
2	3,2109	0,1102	0,0121	3,0880	3,1112	3,2095	3,2095	3,2660	3,5180
3	3,0369	0,1667	0,0278	2,8240	2,8998	3,0155	3,0873	3,3840	0,5600
4	2,8342	0,1075	0,0116	2,6920	2,7568	2,8210	2,8907	3,1330	0,4410
5	2,7596	0,2270	0,0515	2,4180	2,6033	2,7415	2,9097	3,2110	0,7930
6	2,8999	0,2813	0,0791	2,5010	2,6230	2,8910	3,1665	3,3390	0,8380
7	3,0119	0,1945	0,0378	2,6190	2,8815	3,0455	3,1308	3,3100	0,6910
8	3,0619	0,1482	0,0220	2,7740	2,9625	3,0975	3,1740	3,2860	0,5120
9	3,0654	0,0932	0,0087	2,9080	2,9848	3,0825	3,1295	3,2250	0,3170
10	2,7279	0,2047	0,0419	2,3350	2,5983	2,7295	2,8448	3,0970	0,7620
11	2,8551	0,2060	0,0424	2,5140	2,6495	2,9055	3,0278	3,1720	0,6580
12	2,8761	0,1498	0,0224	2,6960	2,7720	2,8355	2,9690	3,2370	0,5410
13	2,8235	0,1914	0,0366	2,4280	2,7138	2,8215	2,9463	3,1750	0,7470
14	2,7402	0,2950	0,0870	2,3140	2,4312	2,7750	2,9840	3,2640	0,9500
15	2,7228	0,1686	0,0284	2,4510	2,5790	2,6980	2,8807	2,9780	0,5270

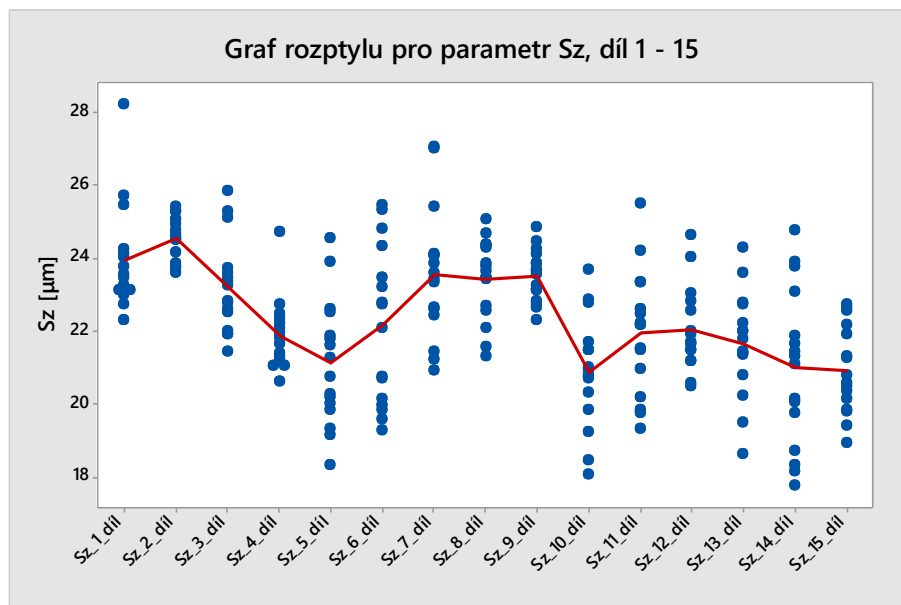
Tab.2.Hodnocení parametru Sz

Díl č.	\bar{x}	s	s^2	x_{min}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	x_{max}	R
1	23,941	1,452	2,108	22,301	23,048	23,506	24,219	28,191	5,890
2	24,543	0,582	0,338	23,602	23,932	24,557	25,052	25,395	1,793
3	23,229	1,276	1,629	21,459	22,144	23,037	23,701	25,841	4,382
4	21,871	0,968	0,937	20,602	21,209	21,751	22,310	24,735	4,133
5	21,122	1,715	2,941	18,343	19,899	21,002	22,346	24,550	6,207
6	22,154	2,149	4,620	19,289	20,002	22,413	24,101	25,450	6,161
7	23,574	1,790	3,205	20,921	22,484	23,508	24,111	27,039	6,118
8	23,412	1,098	1,205	21,312	22,597	23,561	24,314	25,067	3,755
9	23,518	0,707	0,500	22,311	22,911	23,602	24,065	24,834	2,523
10	20,880	1,518	2,304	18,078	19,967	20,868	21,639	23,674	5,596
11	21,950	1,691	2,860	19,349	20,383	22,191	23,151	25,498	6,149
12	22,025	1,140	1,299	20,504	21,264	21,686	22,753	24,622	4,118
13	21,637	1,431	2,048	18,624	20,931	21,615	22,623	24,292	5,668
14	20,992	2,155	4,644	17,798	18,993	21,210	22,770	24,743	6,945
15	20,945	1,201	1,442	18,952	19,930	20,685	22,108	22,739	3,787

Následným krokem ve vyhodnocování parametrů metodikou EDA jsou grafická znázornění naměřených hodnot. V tomto kroku byly použity rozptylové grafy a box-plotové grafy pro srovnání obou sledovaných parametrů u všech 15-ti kusů, kde každý kus je tvořen 16-ti drážkami. V rozptylových grafech se dají velice snadno zjistit vychýlené hodnoty.

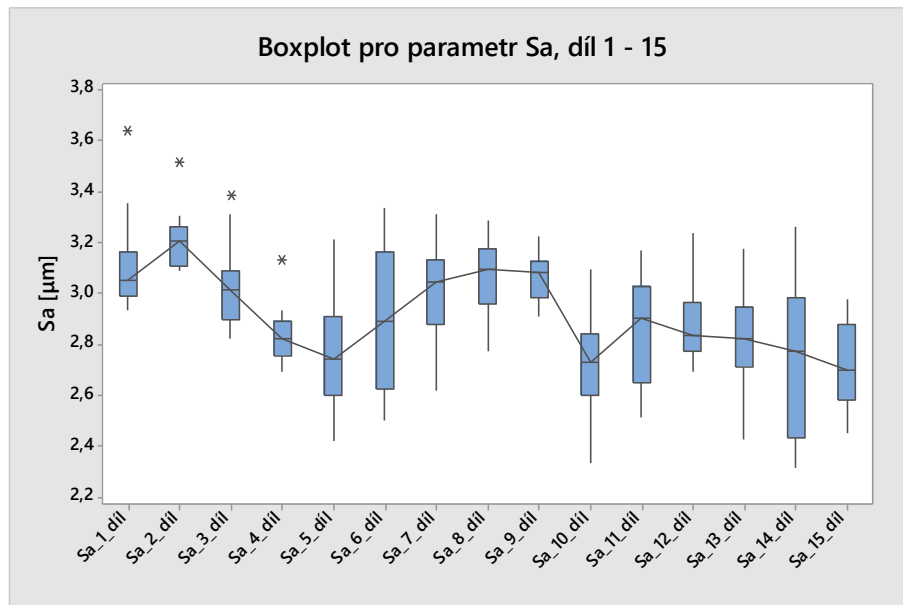


Obr.36. Rozptylový graf pro parametr Sa

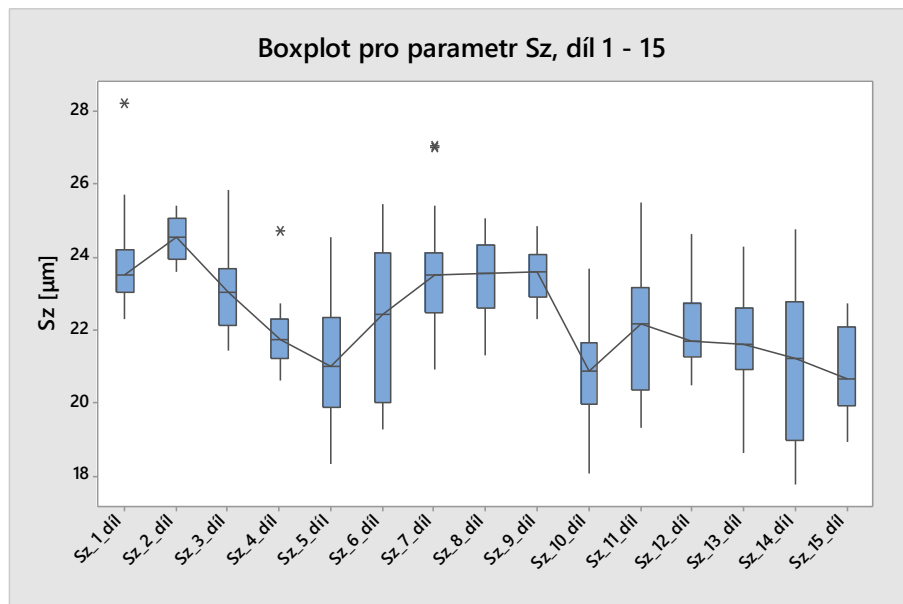


Obr.37. Rozptylový graf pro parametr Sz

Jako další grafickou vizualizaci naměřených dat byl použit box-plotový diagram pro oba parametry. Box-plot je tzv. krabicový diagram, který nám ukazuje rozptyl v jednotlivých kvantilech. Z tohoto grafu je také možné určit odlehle hodnoty, které jsou znázorněny jednotlivými body.



Obr.38. Krabicový diagram pro parametr Sa



Obr.39. Krabicový diagram pro parametr Sz

8.2 Vyšetřování trendů

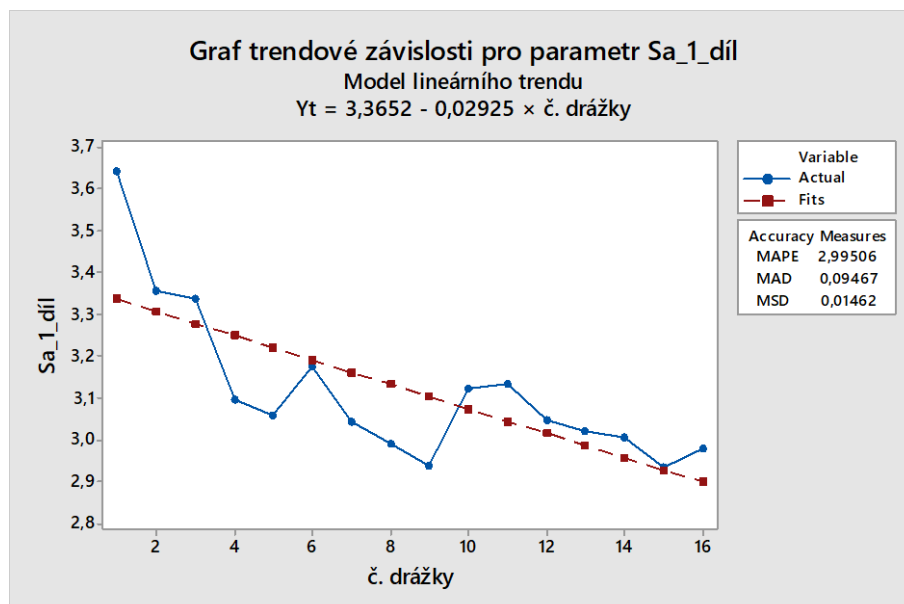
Pro zjištění hrubých chyb, které vznikly nevhodných balotínováním bylo použito vyšetřování odhadů parametrů trendových složek dílu 1 - 15 pro sledované parametry Sa a Sz v drážkách 1 - 16. Trendová rovnice má tvar:

$$y = b_0 + b_1x$$

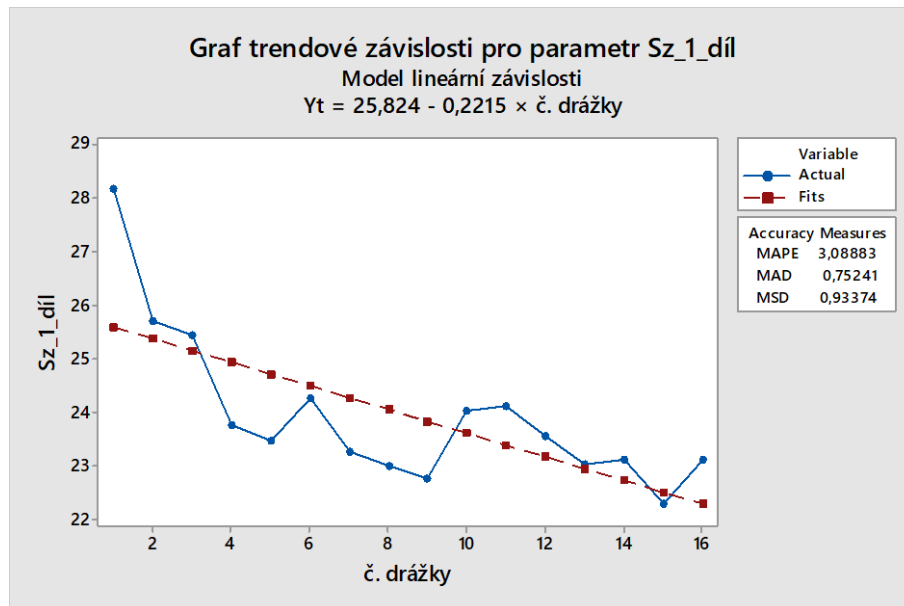
kde: b_0 - směrnice

b_1 - sklon

Trendy mají náhodný charakter podle normálního rozdělení. Jako příklad pro vyšetření trendu byl zvolen díl č.1 v drážkách 1 - 16. Hodnoty získané měřením, byly proloženy regresní přímkou, která vyjadřuje námi hledanou trendovou závislost daného dílu u všech 16-ti drážek. Z grafu je patrné, že u dílu č.1 je trend klesající.



Obr.40.Graf trendové závislosti pro parametr Sa, díl č.1

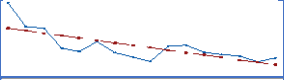
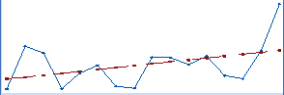
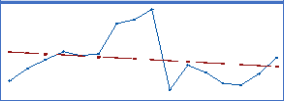
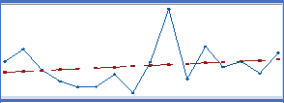
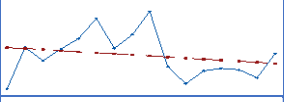
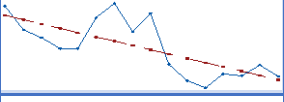
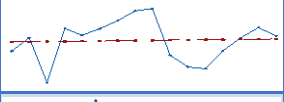
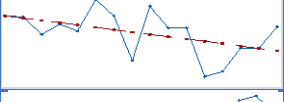
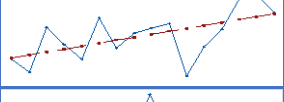
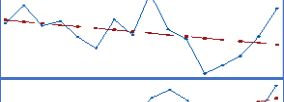
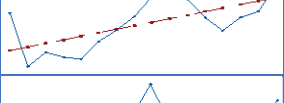
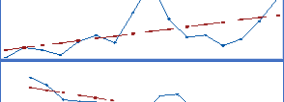
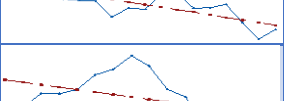
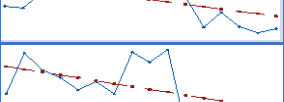



Obr. 41. Graf trendové závislosti pro parametr Sz, díl č.1

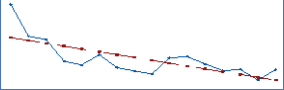
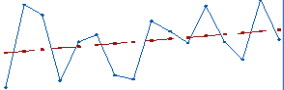
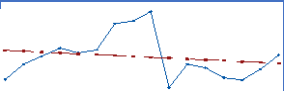
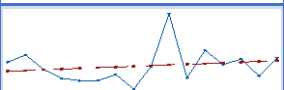
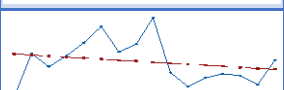
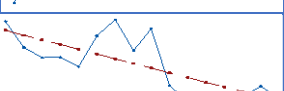
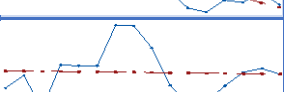
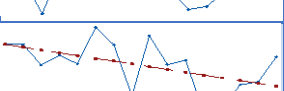
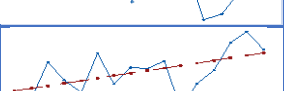
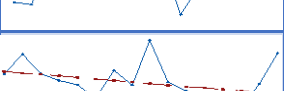
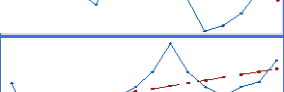
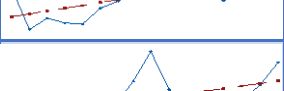
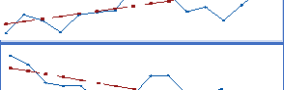

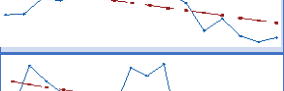
Trendové závislosti byly vyšetřeny u všech 15 - ti dílů v drážkách 1 - 16 pro námi sledované parametry Sa a Sz. Ideální stav by nastal, kdyby u všech 15-ti kusů byl vyjádřen stejný trend. Z následujících tabulek je však patrné, že trendové závislosti u námi sledovaných parametrů jsou rostoucí i klesající. Při porovnání tabulky vyšetřování trendů pro parametr Sa a Sz je zřejmé, že grafy jsou si na jednotlivých kusech velmi podobné. Je možno tedy konstatovat, že v rámci drážek na jednotlivých kusech se drsnost povrchu na parametru Sa i Sz výrazně neliší, neboť trendová závislost nevykazuje hrubé chyby. V rámci porovnávání jednotlivých kusů jsou však patrné rozdíly, neboť každá trendová směrnice je jiná.

Trendové rovnice i jednotlivé grafy jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tab.3.Rovnice trendu parametru Sa

díl č.	rovnice trendu pro parametr Sa	graf
	$y = b_0 + b_1x$	
1	$y = 3,3652 - 0,02925 \times \text{č. drážky}$	
2	$y = 3,1294 + 0,00959 \times \text{č. drážky}$	
3	$y = 3,0935 - 0,00666 \times \text{č. drážky}$	
4	$y = 2,7960 + 0,00449 \times \text{č. drážky}$	
5	$y = 2,8520 - 0,0109 \times \text{č. drážky}$	
6	$y = 3,2620 - 0,0426 \times \text{č. drážky}$	
7	$y = 2,9970 + 0,0018 \times \text{č. drážky}$	
8	$y = 3,1938 - 0,01551 \times \text{č. drážky}$	
9	$y = 2,9671 + 0,01156 \times \text{č. drážky}$	
10	$y = 2,8600 - 0,01560 \times \text{č. drážky}$	
11	$y = 2,6137 + 0,02840 \times \text{č. drážky}$	
12	$y = 2,7346 + 0,01665 \times \text{č. drážky}$	
13	$y = 3,0864 - 0,03093 \times \text{č. drážky}$	
14	$y = 2,9940 - 0,02990 \times \text{č. drážky}$	
15	$y = 2,8856 - 0,01915 \times \text{č. drážky}$	

Tab.4.Rovnice trendu parametru Sz

díl č.	rovnice trendu pro parametr Sz	graf
	$y = b_0 + b_1x$	
1	$y = 25,824 - 0,2215 \times \text{č. drážky}$	
2	$y = 24,279 + 0,0310 \times \text{č. drážky}$	
3	$y = 23,651 - 0,0497 \times \text{č. drážky}$	
4	$y = 21,550 + 0,0377 \times \text{č. drážky}$	
5	$y = 21,803 - 0,0801 \times \text{č. drážky}$	
6	$y = 25,011 - 0,3361 \times \text{č. drážky}$	
7	$y = 23,702 - 0,015 \times \text{č. drážky}$	
8	$y = 24,440 - 0,015 \times \text{č. drážky}$	
9	$y = 22,812 + 0,0830 \times \text{č. drážky}$	
10	$y = 21,737 - 0,1008 \times \text{č. drážky}$	
11	$y = 20,102 + 0,2173 \times \text{č. drážky}$	
12	$y = 20,875 + 0,1353 \times \text{č. drážky}$	
13	$y = 23,592 - 0,2299 \times \text{č. drážky}$	
14	$y = 22,80 - 0,212 \times \text{č. drážky}$	
15	$y = 22,031 - 0,1278 \times \text{č. drážky}$	

8.3 Grubsův test pro odlehlé hodnoty

Nyní je nutné provést test, zda-li odhady parametrů trendových složek dílu 1-15 a sledovaného parametru Sa a Sz v drážkách 1-16 neobsahují hrubé chyby, které vznikly nevhodným tryskáním. Byla postavena nulová hypotéza H_0 , která říká, že hodnoty směrnice b max resp. b min nevznikly náhodně. Proti tomu byla postavena hypotéza alternativní, která toto popírá s pravděpodobností $1 - \alpha = 0,95$.

Parametry testu:

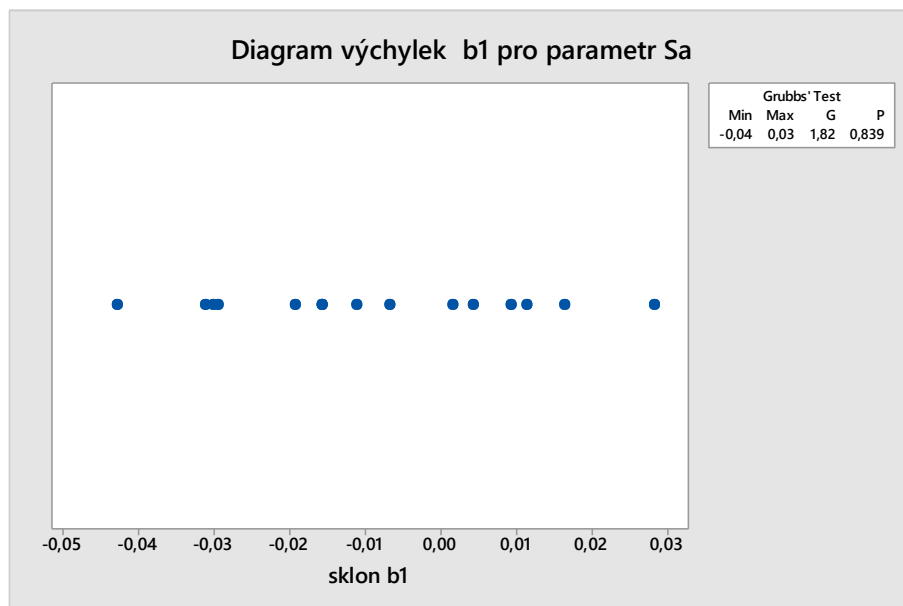
- Nulová hypotéza: H_0 - hodnota směrnice b max., resp. b min. vznikly náhodně
- Hypotéza alternativní: H_A - zamítá H_0
- Hladina významnosti: $\alpha = 0,05$
- Konfidenční úroveň: $1 - \alpha = 0,95$

8.3.1 Grubsův test pro parametr Sa

Grubbs' Test

Variable	N	Mean	StDev	Min	Max	G	P
b1	15	-0,00853	0,02031	-0,04260	0,02840	1,82	0,839

* NOTE * No outlier at the 5% level of significance



Obr.42. Diagram výchylek b1 pro parametr Sa

a) statistické hodnocení

Vzhledem k tomu, že s 95% pravděpodobností je $p = 0,839 > \alpha = 0,050$ lze konstatovat, že nezamítáme nulovou hypotézu. Můžeme tedy tvrdit, že s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$, minimum a maximum nejsou vychýlenými hodnotami, nevznikly tedy hrubou chybou, ale pouze náhodně.

b) praktické hodnocení

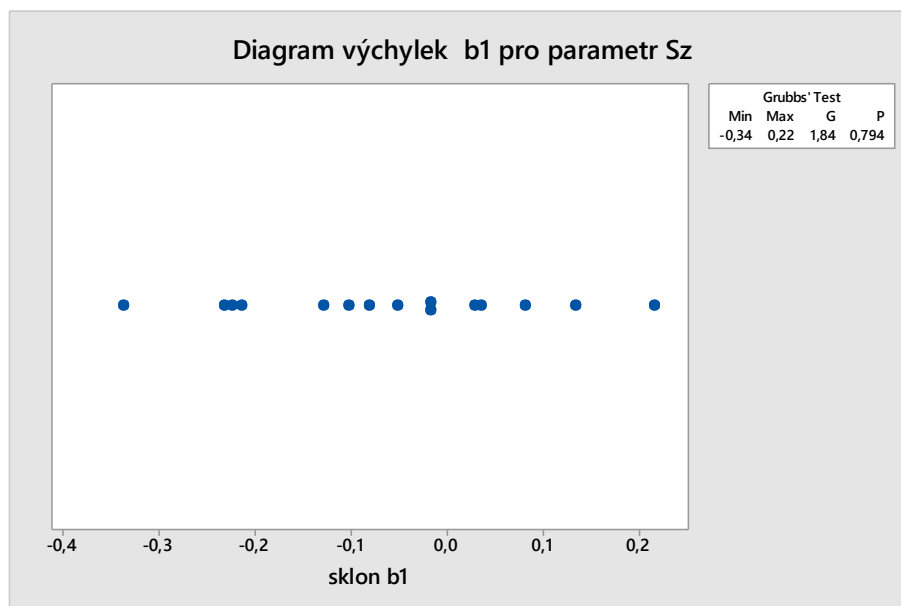
Minimální a maximální hodnota trendové směrnice o velikostech -0,04 a 0,03 nejsou vychýlenými hodnotami, nýbrž extrémny a je tedy nutné s nimi v souboru počítat.

8.3.2 Grubbsův test pro Sz

Grubbs' Test

Variable	N	Mean	StDev	Min	Max	G	P
b2	15	-0,0589	0,1508	-0,3361	0,2173	1,84	0,794

* NOTE * No outlier at the 5% level of significance



Obr.43.Diagrama výchylek b1 pro parametr Sz

a) statistické hodnocení

Vzhledem k tomu, že s 95% pravděpodobností je $p = 0,794 > \alpha = 0,050$ lze konstatovat, že nezamítáme nulovou hypotézu. Můžeme tedy tvrdit, že s hladinou významnosti

$\alpha = 0,05$, minimum a maximum nejsou vychýlenými hodnotami, nevznikly tedy hrubou chybou, ale pouze náhodně.

b) praktické hodnocení

Minimální a maximální hodnota trendové směrnice o velikostech $-0,34$ a $0,22$ nejsou vychýlenými hodnotami, nýbrž extrémy a je tedy nutné s nimi v souboru počítat.

V tuto chvíli bylo prokázáno, že minimální a maximální hodnota ze sledovaných parametrů S_a a S_z nejsou hrubými chybami, nýbrž byly vyčísleny zcela náhodně.

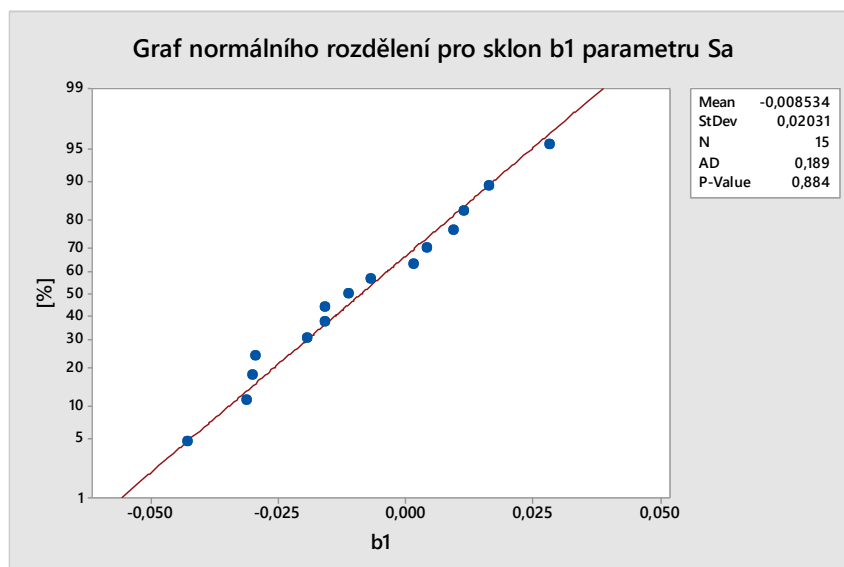
8.4 Test normality naměřených dat

Dále je nutné zjistit, zda hodnoty trendových směrnic parametru S_a a S_z patří do normálního rozdělení a jsou tedy statisticky významné. Pro hodnocení bylo použito Anderson-Darlingova testu normality.

Parametry testu:

- Nulová hypotéza: H_0 - výběrový soubor s normálním rozdělením
- Hypotéza alternativní: H_A - zamíta H_0
- Hladina významnosti: $\alpha = 0,05$
- Konfidenční úroveň: $1 - \alpha = 0,95$

8.4.1 Test normality pro parametr S_a



Obr.44. Graf normálního rozdělení b_1 pro parametr S_a

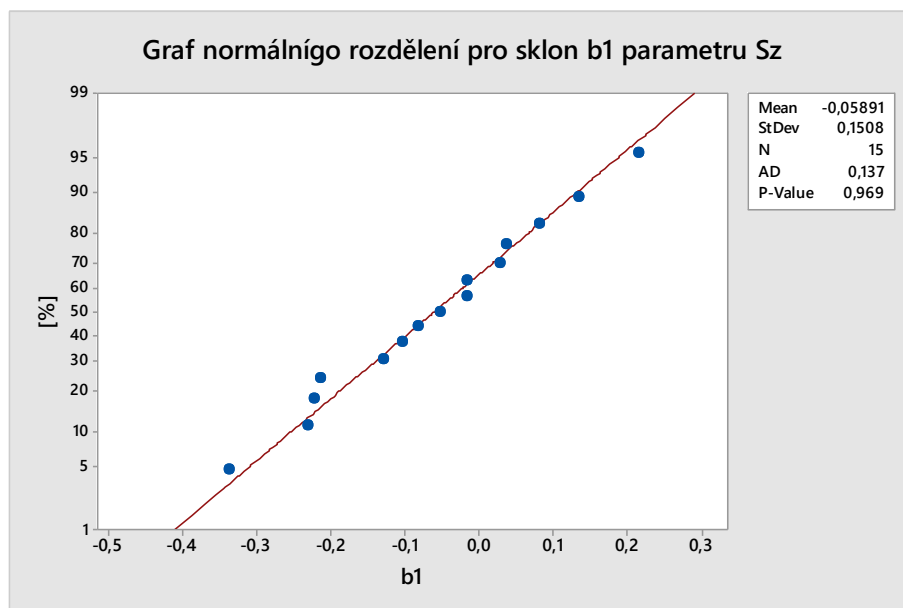
a) statistické hodnocení

Vzhledem ke skutečnosti, že $p = 0,884 > \alpha = 0,050$ nezamítáme nulovou hypotézu H_0 a tvrdíme, že parametry b_1 trendové směrnice S_a , s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$, patří do souboru s normálním rozdělením.

b) praktické hodnocení

S pravděpodobností 95% lze konstatovat, že vychýlení směrnice je náhodné.

8.4.2 Test normality pro parametr S_z



Obr.45. Graf normálního rozdělení B_1 pro parametr S_z

a) statistické hodnocení

Vzhledem ke skutečnosti, že $p = 0,969 > \alpha = 0,050$ nezamítáme nulovou hypotézu H_0 a tvrdíme, že parametry b_1 trendové směrnice S_a , s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$, patří do souboru s normálním rozdělením.

b) praktické hodnocení

S pravděpodobností 95% lze konstatovat, že vychýlení směrnice je náhodné.

8.5 Anova

V tuto chvíli je nutné dokázat, zda průměrná drsnost parametru Sa a Sz vypočítaná z 16-ti drážek je na všech 15-ti měřených kusech stejná či rozdílná. K tomuto posouzení poslouží jednocestná Anova s automatickou Box-Cox transformací dat. Předpokladem je, že data prošla Box-Coxovou transformací a nemají rovnost rozptylů a zároveň nepochází z normálního rozdělení. Velikost chyby 1. druhu je 5%.

Parametry testu:

- Nulová hypotéza: H_0 - všechny průměry jsou si rovny
- Hypotéza alternativní: H_A - minimálně 1 průměr je odlišný
- Hladina významnosti: $\alpha = 0,05$
- Konfidenční úroveň: $1 - \alpha = 0,95$

8.5.1 Anova pro parametr Sa

One-way ANOVA: Sa_1_díl; Sa_2_díl; Sa_3_díl; Sa_4_díl; Sa_5_díl; Sa_6_díl; Sa_7_díl; ...

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were not assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	15	Sa_1_díl; Sa_2_díl; Sa_3_díl; Sa_4_díl; Sa_5_díl; Sa_6_díl; Sa_7_díl; Sa_8_díl; Sa_9_díl; Sa_10_díl; Sa_11_díl; Sa_12_díl; Sa_13_díl; Sa_14_díl; Sa_15_díl

Welch's Test

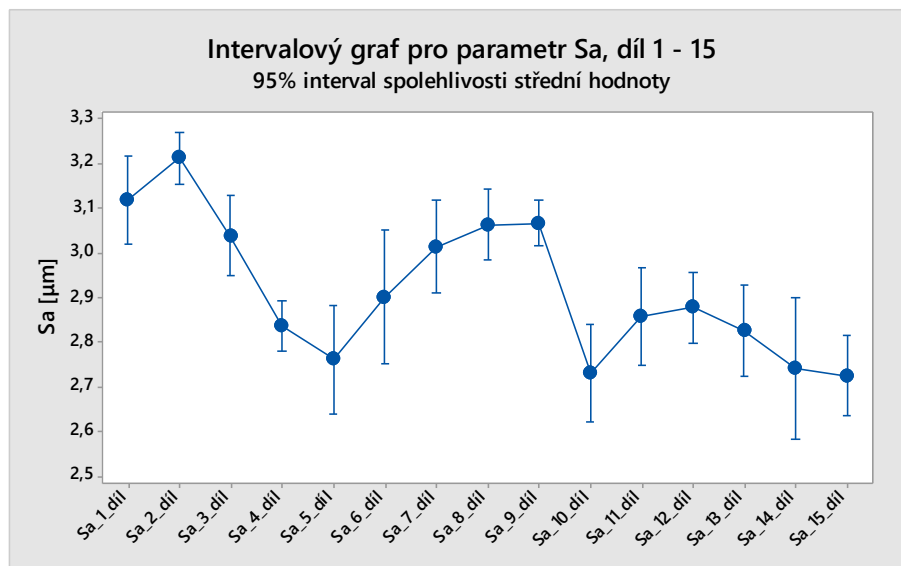
Source	DF	Num	DF	Den	F-Value	P-Value
Factor		14	85,4978		15,56	0,000

Model Summary

R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
40,23%	36,51%	31,99%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Sa_1_díl	16	3,1166	0,1870	(3,0169; 3,2162)
Sa_2_díl	16	3,2109	0,1102	(3,1522; 3,2696)
Sa_3_díl	16	3,0369	0,1667	(2,9481; 3,1257)
Sa_4_díl	16	2,8342	0,1075	(2,7769; 2,8915)
Sa_5_díl	16	2,7596	0,2270	(2,6386; 2,8805)
Sa_6_díl	16	2,8999	0,2813	(2,7501; 3,0498)
Sa_7_díl	16	3,0119	0,1945	(2,9082; 3,1155)
Sa_8_díl	16	3,0619	0,1482	(2,9829; 3,1409)
Sa_9_díl	16	3,0654	0,0932	(3,0157; 3,1150)
Sa_10_díl	16	2,7279	0,2047	(2,6188; 2,8370)
Sa_11_díl	16	2,8551	0,2060	(2,7454; 2,9649)
Sa_12_díl	16	2,8761	0,1498	(2,7963; 2,9559)
Sa_13_díl	16	2,8235	0,1914	(2,7215; 2,9255)
Sa_14_díl	16	2,7402	0,2950	(2,5830; 2,8974)
Sa_15_díl	16	2,7228	0,1686	(2,6330; 2,8127)



Obr.46.Intervalový graf pro parametr Sa

a) statistické hodnocení

Vzhledem ke skutečnosti, že $p = 0,000 < \alpha = 0,050$ je konstatováno, že nulová hypotéza H_0 o rovnosti průměrů parametru Sa dílu 1 - 15 se zamítá.

b) praktické hodnocení

Průměrná drsnost sledovaného parametru S_a vypočítaná z 16-ti drážek na všech měřených 15-ti kusech se statisticky významně liší. Nicméně neliší se náhodně, nýbrž trendově, tzn. že trendové závislosti jsou buď klesající či stoupající..

8.5.2 Anova pro parametr Sz

One-way ANOVA: Sz_1_díl; Sz_2_díl; Sz_3_díl; Sz_4_díl; Sz_5_díl; Sz_6_díl; Sz_7_díl; ...

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were not assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	15	Sz_1_díl; Sz_2_díl; Sz_3_díl; Sz_4_díl; Sz_5_díl; Sz_6_díl; Sz_7_díl; Sz_8_díl; Sz_9_díl; Sz_10_díl; Sz_11_díl; Sz_12_díl; Sz_13_díl; Sz_14_díl; Sz_15_díl

Welch's Test

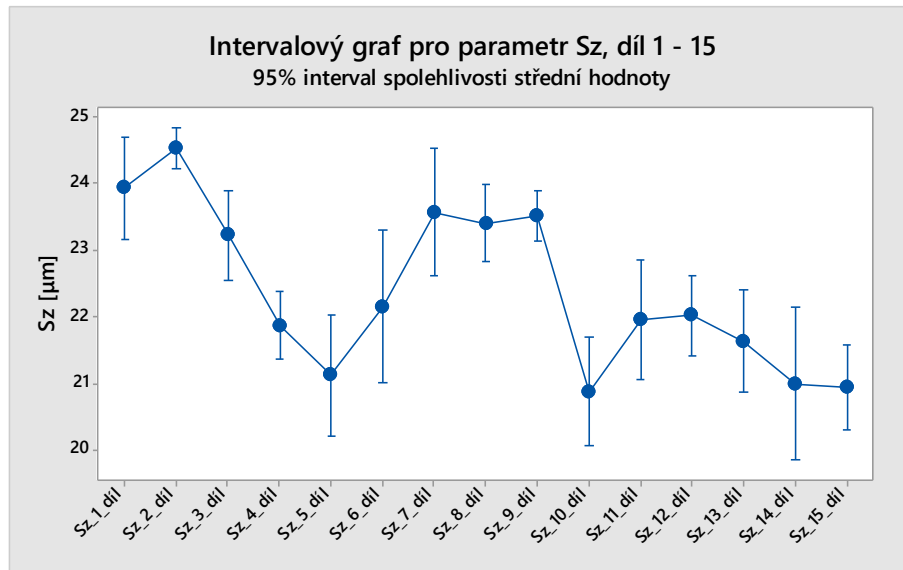
Source	DF Num	DF Den	F-Value	P-Value
Factor	14	85,3422	19,46	0,000

Model Summary

R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
40,67%	36,97%	32,49%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Sz_1_díl	16	23,941	1,452	(23,167; 24,715)
Sz_2_díl	16	24,543	0,582	(24,233; 24,853)
Sz_3_díl	16	23,229	1,276	(22,549; 23,909)
Sz_4_díl	16	21,871	0,968	(21,355; 22,387)
Sz_5_díl	16	21,122	1,715	(20,208; 22,036)
Sz_6_díl	16	22,154	2,149	(21,009; 23,299)
Sz_7_díl	16	23,574	1,790	(22,620; 24,528)
Sz_8_díl	16	23,412	1,098	(22,827; 23,997)
Sz_9_díl	16	23,518	0,707	(23,141; 23,895)
Sz_10_díl	16	20,880	1,518	(20,071; 21,689)
Sz_11_díl	16	21,950	1,691	(21,048; 22,851)
Sz_12_díl	16	22,025	1,140	(21,418; 22,632)
Sz_13_díl	16	21,637	1,431	(20,875; 22,400)
Sz_14_díl	16	20,992	2,155	(19,843; 22,140)
Sz_15_díl	16	20,945	1,201	(20,305; 21,585)



Obr.47.Intervalový graf pro parametr Sz

a) statistické hodnocení

Vzhledem ke skutečnosti, že $p = 0,000 < \alpha = 0,050$ je konstatováno, že nulová hypotéza H_0 o rovnosti průměrů parametru Sz dílu 1 - 15 se zamítá.

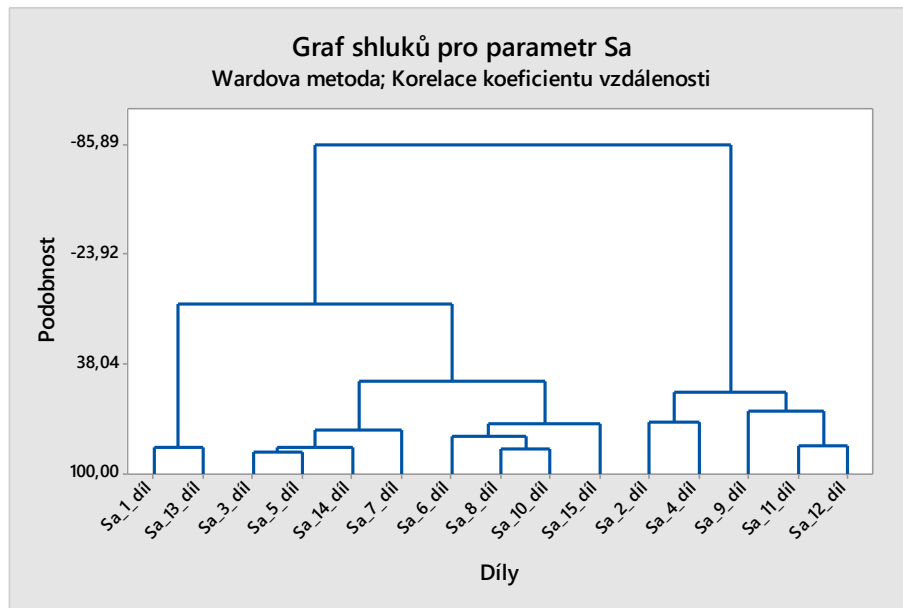
b) praktické hodnocení

Průměrná drsnost sledovaného parametru Sz vypočítaná z 16-ti drážek na všech měřených 15-ti kusech se statisticky významně liší. Nicméně neliší se náhodně, nýbrž trendově, tzn. že trendové závislosti jsou buď klesající či stoupající.

8.6 Shluková analýza

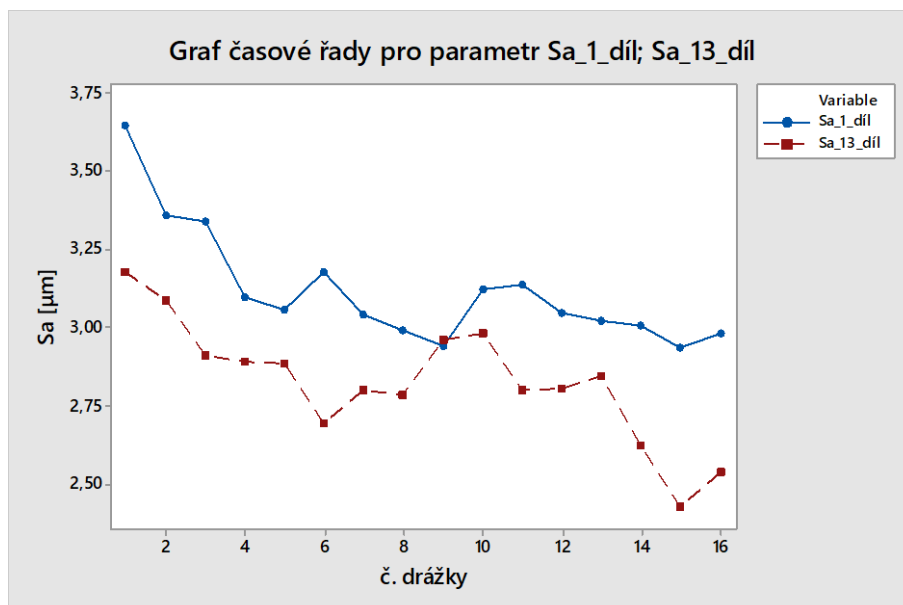
Vzhledem k tomu, že ANOVOU bylo zjištěno, že díly jsou odlišné, avšak nebylo řečeno jak, byla následně použita shluková analýza - Wardova metoda, která nám pomůže zjistit, které díly z hlediska parametru Sa a Sz jsou sobě podobné.

8.6.1 Shluková analýza pro parametr Sa



Obr.48.Graf shluků pro parametr Sa

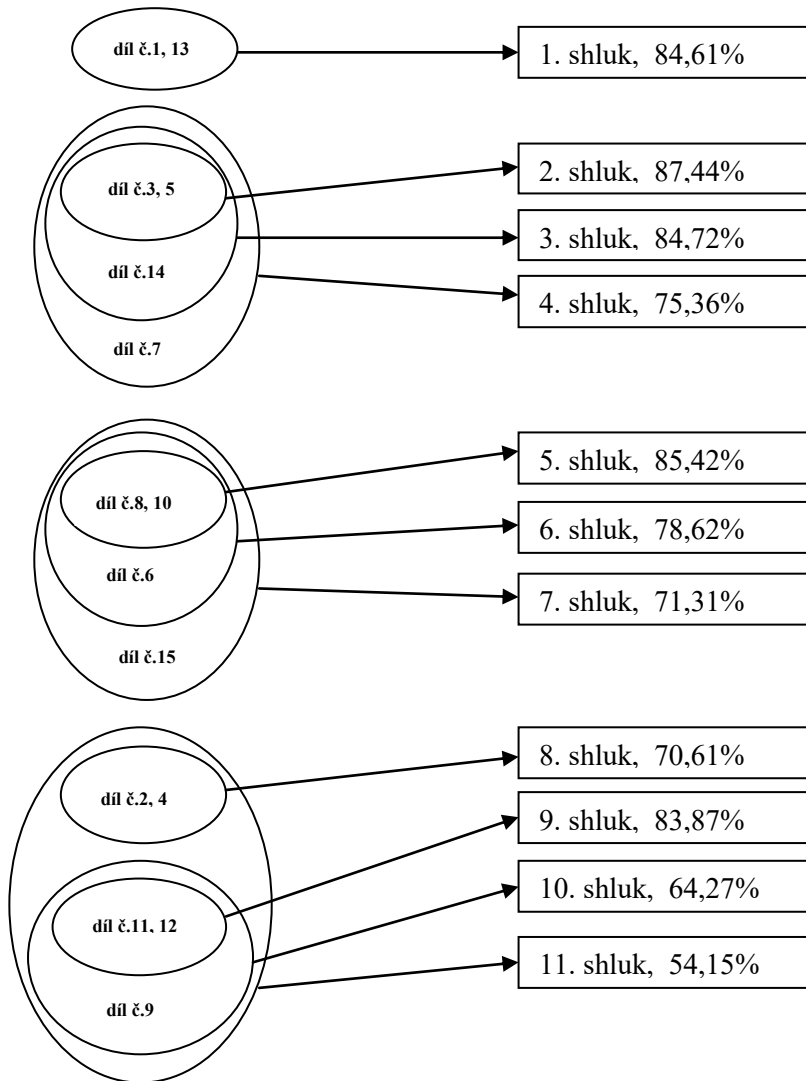
Z grafu je patrné, že z hlediska parametru Sa byly vytvořeny tři až čtyři shluky, přičemž první shluk tvoří díly č.1 a 13. Jejich podobnost byla vyčíslena na 84,61%. Pro porovnání podobnosti obou dílů byl sestrojen graf časové řady obou výše uvedených kusů.



Obr.49.Graf časové řady pro parametr Sa

8.6.2 Tvorba shluků pro parametr Sa

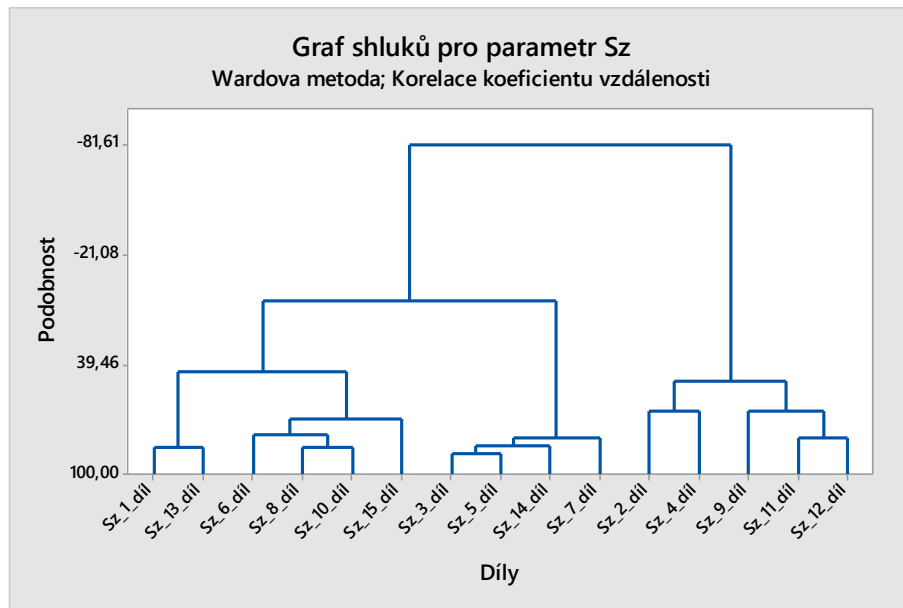
Na základě grafu shluků pro sledovaný parametr Sa byly vytvořeny shluky dle procentuálního vyčíslení podobnosti jednotlivých dílů.



Obr.50.Tvorba shluků pro parametr Sa

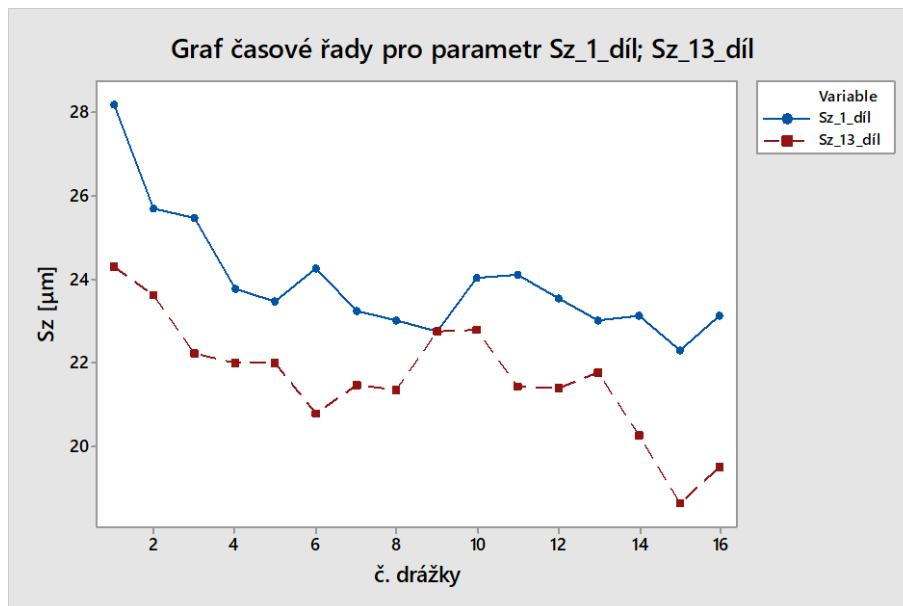
Z obrázku č.50 je zřejmé, že dle drsnosti povrchu sledovaného parametru Sa na měřených 15-ti kusech vznikly čtyři odlišné shluky. Ideální stav by nastal ve chvíli, kdy byl jeden shluk s vysokou pravděpodobností. V tomto případě lze konstatovat, že vzhledem k vytvořeným čtyřem odlišným shlukům, je pravděpodobné, že díly byly balotinovány čtyřmi různými tryskami, či vkládané do balotinovací komory čtyřmi různými způsoby.

8.6.3 Shluková analýza pro parametr Sz



Obr.51. Graf shluků pro parametr Sz

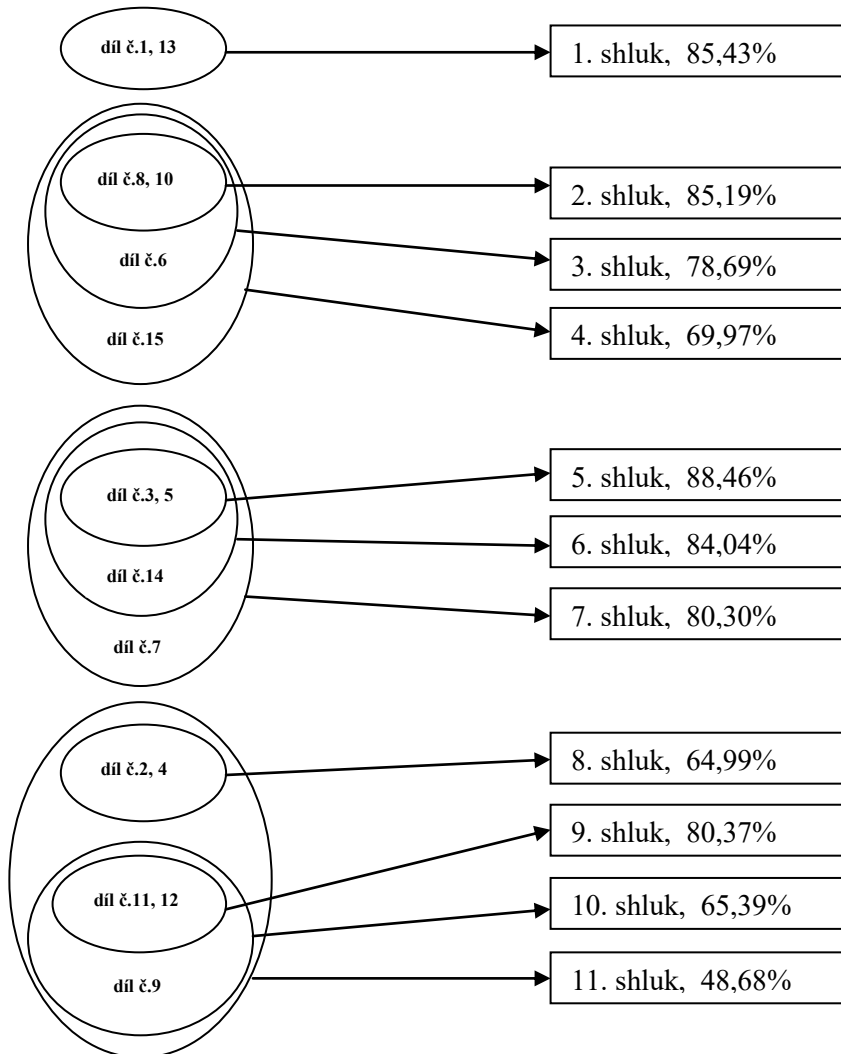
Stejně jako u grafu shluků pro parametr Sa i zde je patrné, že byly vytvořeny tři až čtyři odlišné shluky, přičemž první shluk tvoří opět díly č.1 a 13. Jejich podobnost byla tentokrát vyčíslena na 85,43%, což je velice podobné sledovanému parametru Sa. Pro porovnání podobnosti obou dílů byl opět sestrojen graf časové řady obou výše uvedených dílů.



Obr.52. Graf časové řady pro parametr Sz

8.6.4 Tvorba shluků pro parametr Sz

Na základě grafu shluků pro sledovaný parametr Sz byly stejně jako u parametru Sa vytvořeny shluky dle procentuálního vyčíslení podobnosti jednotlivých dílů.



Obr. 53. Tvorba shluků pro parametr Sz

Na obrázku č.53 je vidět, že dle drsnosti povrchu sledovaného parametru Sz na měřených 15-ti kusech vznikly rovněž jako u předchozího sledovaného parametru Sa čtyři odlišné shluky. Lze tedy konstatovat, že vzhledem k vytvořeným čtyřem odlišným shlukům, je možné potvrdit domněnku a tvrdit, že balotinované díly byly s 95-ti % pravděpodobností tryskány čtyřmi různými tryskami, či vkládané do balotinovací komory čtyřmi různými způsoby.

ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zjistit, zda díly, vyrobené ze slitiny hliníku a následně balotinované, jsou připraveny pod elox se shodnými parametry Sa a Sz. Jelikož se díly v dalším procesním kroku povrchově upravují eloxováním s barvením v černé organické barvě, jsou tyto parametry rozhodující pro výsledný vizuální vzhled.

Kdyby se tyto díly i jednotlivé drážky od sebe výrazně statisticky lišily, mohlo by docházet k nesjednoceným barevným odstínům.

V praktické části se analyzovala data získaná z profilometru ZIGO New Wiew 8000. Naměřené hodnoty parametru Sa a Sz byly nejprve zpracovány metodikou EDA, která nám určila základní statistické charakteristiky.

Následně bylo zapotřebí zjistit, zda měření neobsahovalo hrubé chyby. K tomu bylo zapotřebí vyšetřit odhady parametrů trendových složek pro oba sledované parametry u jednotlivých drážek všech dílů a provést Grubsovu analýzu. Při porovnání jednotlivých grafů trendové závislosti bylo zjištěno, že trendové závislosti jsou rostoucí i klesající, a neobsahují žádné hrubé chyby. Grafy obou sledovaných parametrů jsou si na jednotlivých kusech velmi podobné. Dle Grubsovy analýzy nebyla zamítnuta nulová hypotéza, tudíž minimální a maximální naměřené hodnoty nejsou hrubými chybami. Můžeme tedy konstatovat, že v rámci jednoho dílu se jednotlivé drážky statisticky významně neliší. Lze tvrdit, že kusy mají vizuálně jednotný povrch, ale nelze s jistotou říct, že si jsou vzájemně podobné.

Dle Anderson-Darlingova testu normality bylo zjištěno, že data pochází z normálního rozdělení a jsou tedy statisticky významná.

Na základě ANOVY bylo zjištěno, že průměrná drsnost sledovaných parametrů u všech výrobků se statisticky významně liší. Víme tedy, že mezi jednotlivými díly jsou určité rozdíly.

Pro určení těchto rozdílů bylo použito shlukové analýzy - Wardova metoda. Tato metoda dokáže odhalit, které díly z hlediska sledovaných parametrů Sa a Sz jsou sobě podobné a byly dokázány tři až čtyři základní shluky. Můžeme tedy tvrdit, že balotinované kusy jsou z hlediska průměrné drsnosti jednotlivých kusů otryskávány třemi až čtyřmi tryskami, či vkládané do balotinovací komory třemi až čtyřmi různými způsoby. Každopádně se prokázalo, že způsoby tryskání, či vkládání jsou různé, což je patrné z trendových křivek a grafů podobnosti.

Na základě výsledků měření lze tvrdit, že z hlediska dodavatele balotinovaného materiálu jsou všechny díly v toleranci ($R_a \max 6\mu\text{m}$) a tudíž je materiál připraven pod elox správně, avšak vzájemná odlišnost jednotlivých dílů může zapříčinit barevnou nestálost při eloxování jednotlivých dílů mezi sebou. U námi vybraných dílů nebyla tato odlišnost dostatečně velká, aby ovlivnila finální vzhled výrobků. Ale do budoucna je tu riziko, že pokud by se průměrná drsnost jednotlivých dílů výrazněji lišila, bude docházet k pohledovým vadám.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VOJTĚCH, D. Kovové materiály. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2006. 186 s. ISBN 80-7080-600-1
- [2] SEDLÁČEK, Alexander. Nekovové tryskací prostředky. Povrcháři: [online]. 2010, č.10 [cit.2019-01-10], ISSN 1802-9833. Dostupné z WWW: <http://povrchari.cz/kestazeni/201010_povrchari.pdf>.
- [3] Anodická oxidace hliníku a jeho slizin - eloxování. Ekochem-ppu [online]. [cit.2019-01-20], Dostupné z WWW: <http://www.ekochem-ppu.cz/Materi%C3%A1ly/Anodicka_oxidace_hliniku_a_jeho_slitin.pdf>.
- [4] KRAUS, V. Povrchy a jejich úpravy. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2000, 218 s. ISBN 80-7082-668-1
- [5] GROYSMAN, Alec. Koroze a ochrana proti korozi nadzemních a podzemních zásobníků na tuhá paliva - 1. část. Povrcháři: [online]. 2014, č.1 [cit.2019-01-10], ISSN 1802-9833. Dostupné z WWW: <http://www.povrchari.cz/kestazeni/201401_povrchari.pdf>.
- [6] Moření - předúprava povrchu hliníku. SQI [online]. [cit.2019-01-10], Dostupné z WWW: <https://www.sqi.cz/wp-content/uploads/2017/10/článek-Moření---předúprava-povrchu-hliníku_J.Bartošík.pdf>.
- [7] BUMBÁLEK, L. Jakost povrchu a její význam pro funkci ploch součástí [online]. 2008. [cit.2019-01-10], Dostupné z WWW: <<https://www.qmprofi.cz/33/jakost-povrchu-a-jeji-vyznam-pro-funkci-ploch-soucasti-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Ep8JmSoMEhJcGWz4k4nRY1-w9PBWuC7BmQ/>>.
- [8] PEŠIČKA, L. Geometrická specifikace výrobků strojírenské výroby (GPS). Praha: ČNI, 2006. 49 S.
- [9] ČSN EN ISO 4287. Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu. 1999.

- [10] ČSN EN ISO 13565-2. Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda; povrchy mající stratifikované funkční vlastnosti - Část 2: Výškové charakteristiky využívající křivku lineárního poměru materiálu (iso 13565-2:1996). 1997.
- [11] ČSN EN ISO 25178-2. Geometrické specifikace produktu (GPS) - Textura povrchu: Plocha - Část 2: Termíny, definice a parametry textury povrchu. 2012.
- [12] MELOUN, M., J. MILITKÝ. Statistická analýza experimentálních dat. 2. vyd. Praha: Akademie věd České republiky, 2004. 953 s. ISBN 80-200-1254-0.
- [13] MELOUN, M., J. MILITKÝ. Kompendium statistického zpracování dat. 3. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 2012. 982 s. ISBN 978-80-246-2196-8
- [14] AUTOR NEUVEDEN. www.dopravniznacen.cz [online]. [cit. 30.1.2019]. Dostupný na WWW: <<http://www.dopravniznacen.com/Balotina-silanizovana-d519.htm>>.
- [15] AUTOR NEUVEDEN. www.tryskarna.cz [online]. [cit. 30.1.2019]. Dostupný na WWW: <<http://www.tryskarna.cz/fotogalerie/-balotina---stredy-pro-elektrokola/>>.
- [16] AUTOR NEUVEDEN. www.keywordbasket.com [online]. [cit. 30.1.2019]. Dostupný na WWW: <<http://www.keywordbasket.com/YW5vZGljICBveGlkYXRpb24/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CVD	Chemická depozice.
PVD	Fyzikální depozice.
PCA	Analýza hlavních komponent.
FA	Faktorová analýza.
CCA	Kanonická korelační analýza.
LR	Logistická regrese.
EDA	Exploratorní datová analýza.
MDS	Vícerozměrné škálování.
CLU	Clustrová analýza, analýza shluků.
ANOVA	Analýza rozptylu
SCAN	Sken.
Al_2O_3	Oxid hlinitý.
$^{\circ}\text{C}$	Stupeň Celsia
$\text{Al}(\text{OH})_3$	Hydroxid hlinitý.
AlCu_4Mg_1	Označení slitiny hliníku.
2D	Dvoudimenzionální.
3D	Trojdimenzionální.
λ_s	Filtr profilu pro rozhraní mezi drsností a kratšími složkami vln.
λ_c	Filtr profilu pro rozhraní mezi drsností a vlnitostí.
λ_f	Filtr profilu pro rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami vln.
l_r	Základní délka.
l_n	Vyhodnocovaná délka.
X	Osa X.
mm	Milimetr

P	Parametr vypočítaný ze základního profilu.
R	Parametr vypočítaný z profilu drsnosti.
W	Parametr vypočítaný z profilu vlnitosti.
%	Procenta.
Zp	Výška výstupku profilu.
Zv	Hloubka prohlubně profilu.
Zt	Výška prvku profilu.
Xs	Šířka prvku profilu.
Pp	Největší výška výstupku profilu vypočítaná ze základního profilu.
Rp	Největší výška výstupku profilu vypočítaná z profilu drsnosti.
Wp	Největší výška výstupku profilu vypočítaná z profilu vlnitosti.
Pv	Největší hloubka prohlubně profilu vypočítaná ze základního profilu.
Rv	Největší hloubka prohlubně profilu vypočítaná z profilu drsnosti.
Wv	Největší hloubka prohlubně profilu vypočítaná z profilu vlnitosti.
Pz	Největší výška profilu vypočítaná ze základního profilu.
Rz	Největší výška profilu vypočítaná z profilu drsnosti.
Wz	Největší výška profilu vypočítaná z profilu vlnitosti.
Pc	Průměrná výška profilu vypočítaná ze základního profilu.
Rc	Průměrná výška profilu vypočítaná z profilu drsnosti.
Wc	Průměrná výška profilu vypočítaná z profilu vlnitosti.
Pt	Celková výška profilu vypočítaná ze základního profilu.
Rt	Celková výška profilu vypočítaná z profilu drsnosti.
Wt	Celková výška profilu vypočítaná z profilu vlnitosti.

Pa	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu vypočítaná ze základního profilu.
Ra	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu vypočítaná z profilu drsnosti.
Wa	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu vypočítaná z profilu vlnitosti.
Zx	Hodnota pořadnice v rozsahu základní délky.
l	Délka.
lp	Délka vypočítaná ze základního profilu.
lr	Délka vypočítaná z profilu drsnosti.
lw	Délka vypočítaná z profilu vlnitosti.
Pq	Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu vypočítaná ze základního profilu.
Rq	Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu vypočítaná z profilu drsnosti.
Wq	Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu vypočítaná z profilu vlnitosti.
Psk	Šikmost posuzovaného profilu vypočítaná ze základního profilu.
Rsk	Šikmost posuzovaného profilu vypočítaná z profilu drsnosti.
Wsk	Šikmost posuzovaného profilu vypočítaná z profilu vlnitosti.
Pku	Špičatost posuzovaného profilu vypočítaná ze základního profilu.
Rku	Špičatost posuzovaného profilu vypočítaná z profilu drsnosti.
Wku	Špičatost posuzovaného profilu vypočítaná z profilu vlnitosti.
Psm	Průměrná šířka prvků profilu vypočítaná ze základního profilu.
Rsm	Průměrná šířka prvků profilu vypočítaná z profilu drsnosti.
Wsm	Průměrná šířka prvků profilu vypočítaná z profilu drsnosti.
Pmr	Materiálový poměr profilu vypočítaný ze základního profilu.

Rmr	Materiálový poměr profilu vypočítaný z profilu drsnosti.
Wmr	Materiálový poměr profilu vypočítaný z profilu vlnitosti.
Ml	Poměr délky materiálu elementů profilu.
C	Úroveň.
Rk	Jádro drsnosti.
P δ c	Svislá vzdálenost mezi dvěma úseky materiálového poměru vypočítaná ze základního profilu.
R δ c	Svislá vzdálenost mezi dvěma úseky materiálového poměru vypočítaná z profilu drsnosti.
W δ c	Svislá vzdálenost mezi dvěma úseky materiálového poměru vypočítaná z profilu vlnitosti.
C0	Úroveň.
C1	Úroveň.
Sq	Základ průměrné výšky čtvercem omezené stupnice povrchu.
A	Definovaná plocha.
Ssk	Šikmost omezené stupnice povrchu.
Sku	Špičatost omezené stupnice povrchu.
Sp	Maximální výška píku omezené stupnice povrchu.
Sv	Maximální hloubka prohlubně omezené stupnice povrchu.
Sz	Maximální výška omezené stupnice povrchu.
Sa	Aritmetický průměr výšky omezené stupnice povrchu.
Sal	Délka autokorelace.
f_{ACL}	Autokorelační funkce.
Str	Poměr aspektu textury.
Sdq	Základ průměrného čtverce gradientu.

Sdr	Poměr rozvinuté mezifázové plochy.
Σ	Suma.
$\sqrt{\quad}$	Druhá odmocnina.
\int	Integrál.
\leq	Je menší nebo rovno.
$<$	Je menší.
Q1	Kvartil.
Q3	Kvartil.
H0	Nulová hypotéza.
H1	Hypotéza alternativní.
α	Hladina významnosti.
p	Hodnota.
Aj.	A jiné.
Tzv.	Tak zvaný.
ČSN	Česká státní norma.
EN	Evropská norma.
ISO	Mezinárodní norma.
b max	Hodnota směrnice.
b min	Hodnota směrnice.
Δ	Delta.
nm	Nanometr.
μm	Mikrometr.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Balotinovací kuličky, 1 díl = 100μm [14].....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 2. Vzhled balotinovaného a nebalotinovaného dílu vyrobeného ze slitiny hliníku AlCu₄Mg₁ [15].....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 3. Rozložení vrstvy eloxu [6].....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 4. Tvorba vrstvy eloxu [16].....</i>	<i>18</i>
<i>Obr.5. Graf anodické oxidace.....</i>	<i>19</i>
<i>Obr.6. Obecný tvar povrchu [8].....</i>	<i>21</i>
<i>Obr.7. Vlnitost povrchu [8].....</i>	<i>21</i>
<i>Obr.8. Drsnost povrchu [8].....</i>	<i>22</i>
<i>Obr.9. Přenosová charakteristika drsnosti a vlnitosti [9].....</i>	<i>23</i>
<i>Obr.10. Profil povrchu [9].....</i>	<i>23</i>
<i>Obr.11. Střední čára [8].....</i>	<i>24</i>
<i>Obr.12. Schéma měřicí dráhy snímače, lr-základní délka profilu drsnosti, ln-vyhodnocovaná délka profilu, lt-celková délka snímání [8].....</i>	<i>24</i>
<i>Obr.13. Prvek profilu [9].....</i>	<i>25</i>
<i>Obr.14. Místní sklon [9].....</i>	<i>26</i>
<i>Obr.15. Největší výška výstupků profilu [9].....</i>	<i>27</i>
<i>Obr.16. Největší hloubka prohlubní profilu [9].....</i>	<i>27</i>
<i>Obr.17. Největší výška profilu [9].....</i>	<i>27</i>
<i>Obr.18. Výška prvků profilu [9].....</i>	<i>28</i>
<i>Obr.19. Šířka prvků profilu [9].....</i>	<i>29</i>
<i>Obr.20. Křivka materiálového poměru [9].....</i>	<i>30</i>
<i>Obr.21. Schéma metody hlavních komponent [13].....</i>	<i>35</i>
<i>Obr.22. Schéma kanonické korelační analýzy [13].....</i>	<i>36</i>

<i>Obr.23. Nejpoužívanější míry vzdálenosti: (vlevo) eukleidovská D, (vpravo) manhattanská vzdálenost D [13].....</i>	<i>41</i>
<i>Obr.24. Nejčastěji využívané metriky shlukování [13].....</i>	<i>43</i>
<i>Obr.25. Postupná výstavba dendrogramu [13].....</i>	<i>44</i>
<i>Obr.26. Testovaný vzorek.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr.27. Testovaný vzorek, boční pohled.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr.28. Měřená plocha - 4x4 mm.....</i>	<i>49</i>
<i>Obr.29. ZIGO NEW VIEV řady 800, 1 - spektrální zdroj, soustava zrcadel, kondenzační čočka, skenovací zařízení, převodník světelného paprsku, kamera, 2 - hlavice pro uchycení objektivů, přibližovacích čoček a bílého světelného zdroje, 3 - objektivy, 4 - pětiúhlá polohovací základna, 5 - PC/ řídicí jednotka</i>	<i>50</i>
<i>Obr.30. Šablona pro ukotvení měřeného dílu.....</i>	<i>51</i>
<i>Obr.31. Nastavení světelného bodu na měřenou drážku.....</i>	<i>52</i>
<i>Obr.32. Zaostření povrchu pomocí automatické fokusace.....</i>	<i>52</i>
<i>Obr.33. 3D a 2D SCAN povrchu a Gaussova křivka.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr.34. 2D SCAN povrchu a Abbot-firestonova křivka.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr.35. Vyznačený směr měření u naměřených vzorků.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr.36. Rozptylový graf pro parametr S_a.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr.37. Rozptylový graf pro parametr S_z.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr.38. Krabicový diagram pro parametr S_a.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr.39. Krabilový diagram pro parametr S_z.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr.40. Graf trendové závislosti pro parametr S_a, díl č.1.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr.41. Graf trendové závislosti pro parametr S_z, díl č.1.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr.42. Diagram výchylek b_1 pro parametr S_a.....</i>	<i>63</i>
<i>Obr.43. Diagram výchylek b_1 pro parametr S_z.....</i>	<i>64</i>
<i>Obr.44. Graf normálního rozdělení B_1 pro parametr S_a.....</i>	<i>65</i>

<i>Obr.45. Graf normálního rozdělení B1 pro parametr Sz.....</i>	<i>66</i>
<i>Obr.46. Intervalový graf pro parametr Sa.....</i>	<i>68</i>
<i>Obr.47. Intervalový graf pro parametr Sz.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr.48. Graf shluků pro parametr Sa.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr.49. Graf časové řady pro parametr Sa.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr.50. Tvorba shluků pro parametr Sa.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr.51. Graf shluků pro parametr Sz.....</i>	<i>73</i>
<i>Obr.52. Graf časové řady pro parametr Sz.....</i>	<i>73</i>
<i>Obr.53. Tvorba shluků pro parametr Sz.....</i>	<i>74</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab.1. Hodnocení parametru Sa.....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 2. Hodnocení parametru Sz.....</i>	<i>55</i>
<i>Tab.3. Rovnice trendu parametru Sa.....</i>	<i>59</i>
<i>Tab.4. Rovnice trendu parametru Sz.....</i>	<i>60</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Part - 1-1

Příloha P II: Part - 1-1-AF

Příloha P III: Part - 1-2

Příloha P IV: Part - 1-2-AF

Příloha P V: Part - 1-3

Příloha P VI: Part - 1-3-AF

Příloha P VII: Part - 1-4

Příloha P VIII: Part - 1-4-AF

Příloha P IX: Part - 1-5

Příloha P X: Part - 1-5-AF

Příloha P XI: Part - 1-6

Příloha P XII: Part - 1-6-AF

Příloha P XIII: Part - 1-7

Příloha P XIV: Part - 1-7-AF

Příloha P XV: Part - 1-8

Příloha P XVI: Part - 1-8-AF

Příloha P XVII: Part - 1-9

Příloha P XVIII: Part - 1-9-AF

Příloha P XIX: Part - 1-10

Příloha P XX: Part - 1-10-AF

Příloha P XXI: Part - 1-11

Příloha P XXII: Part - 1-11-AF

Příloha P XXIII: Part - 1-12

Příloha P XXIV: Part - 1-12-AF

Příloha P XXV: Part - 1-13

Příloha P XXVI: Part - 1-13-AF

Příloha P XXVII: Part - 1-14

Příloha P XXVIII: Part - 1-14-AF

Příloha P XXIX: Part - 1-15

Příloha P XXX: Part - 1-15-AF

Příloha P XXXI: Part - 1-16

Příloha P XXXII: Part - 1-16-AF

Příloha P XXXIII: Part - 2-1

Příloha P XXXVI: Part - 2-1-AF

Příloha P XXXV: Part - 2-2

Příloha P XXXVI: Part - 2-2-AF

Příloha P XXXVII: Part - 2-3

Příloha P XXXVIII: Part - 2-3-AF

Příloha P XXXIX: Part - 2-4

Příloha P XL: Part - 2-4-AF

Příloha P XLI: Part - 2-5

Příloha P XLII: Part - 2-5-AF

Příloha P XLIII: Part - 2-6

Příloha P XLIV: Part - 2-6-AF

Příloha P XLV: Part - 2-7

Příloha P XLVI: Part - 2-7-AF

Příloha P XLVII: Part - 2-8

Příloha P XLVIII: Part - 2-8-AF

Příloha P XLIX: Part - 2-9

Příloha P L: Part - 2-9-AF

Příloha P LI: Part - 2-10

Příloha P LII: Part - 2-10-AF

Příloha P LIII: Part - 2-11

Příloha P LIV: Part - 2-11-AF

Příloha P LV: Part - 2-12

Příloha P LVI: Part - 2-12-AF

Příloha P LVII: Part - 2-13

Příloha P LVIII: Part - 2-13-AF

Příloha P LIX: Part - 2-14

Příloha P LX: Part - 2-14-AF

Příloha P LXI: Part - 2-15

Příloha P LXII: Part - 2-15-AF

Příloha P LXIII: Part - 2-16

Příloha P LXIV: Part - 2-16-AF

Příloha P LXV: Part - 3-1

Příloha P LXVI: Part - 3-1-AF

Příloha P LXVII: Part - 3-2

Příloha P LXVIII: Part - 3-2-AF

Příloha P LXIX: Part - 3-3

Příloha P LXX: Part - 3-3-AF

Příloha P LXXI: Part - 3-4

Příloha P LXXII: Part - 3-4-AF

Příloha P LXXIII: Part - 3-5

Příloha P LXXIV: Part - 3-5-AF

Příloha P LXXV: Part - 3-6

Příloha P LXXVI: Part - 3-6-AF

Příloha P LXXVII: Part - 3-7

Příloha P LXXVIII: Part - 3-7-AF

Příloha P LXXIX: Part - 3-8

Příloha P LXXX: Part - 3-8-AF

Příloha P LXXXI: Part - 3-9

Příloha P LXXXII: Part - 3-9-AF

Příloha P LXXXIII: Part - 3-10

Příloha P LXXXIV: Part - 3-10-AF

Příloha P LXXXV: Part - 3-11

Příloha P LXXXVI: Part - 3-11-AF

Příloha P LXXXVII: Part - 3-12

Příloha P LXXXVIII: Part - 3-12-AF

Příloha P LXXXIX: Part - 3-13

Příloha P XC: Part - 3-13-AF

Příloha P XCI: Part - 3-14

Příloha P XCII: Part - 3-14-AF

Příloha P XCIII: Part - 3-15

Příloha P XCIV: Part - 3-15-AF

Příloha P XCV: Part - 3-16

Příloha P XCVI: Part - 3-16-AF

Příloha P XCVII: Part - 4-1

Příloha P XCVIII: Part - 4-1-AF

Příloha P XCIX: Part - 4-2

Příloha P C: Part - 4-2-AF

Příloha P CI: Part - 4-3

Příloha P CII: Part - 4-3-AF

Příloha P CIII: Part - 4-4

Příloha P CIV: Part - 4-4-AF

Příloha P CV: Part - 4-5

Příloha P CVI: Part - 4-5-AF

Příloha P CVII: Part - 4-6

Příloha P CVIII: Part - 4-6-AF

Příloha P CIX: Part - 4-7

Příloha P CX: Part - 4-7-AF

Příloha P CXI: Part - 4-8

Příloha P CXII: Part - 4-8-AF

Příloha P CXIII: Part - 4-9

Příloha P CXIV: Part - 4-9-AF

Příloha P CXV: Part - 4-10

Příloha P CXVI: Part - 4-10-AF

Příloha P CXVII: Part - 4-11

Příloha P CXVIII: Part - 4-11-AF

Příloha P CXIX: Part - 4-12

Příloha P CXX: Part - 4-12-AF

Příloha P CXXI: Part - 4-13

Příloha P CXXII: Part - 4-13-AF

Příloha P CXXIII: Part - 4-14

Příloha P CXXIV: Part - 4-14-AF

Příloha P CXXV: Part - 4-15

Příloha P CXXVI: Part - 4-15-AF

Příloha P CXXVII: Part - 4-16

Příloha P CXXVIII: Part - 4-16-AF

Příloha P CXXIX: Part - 5-1

Příloha P CXXX: Part - 5-1-AF

Příloha P CXXXI: Part - 5-2

Příloha P CXXXII: Part - 5-2-AF

Příloha P CXXXIII: Part - 5-3

Příloha P CXXXIV: Part - 5-3-AF

Příloha P CXXXV: Part - 5-4

Příloha P CXXXVI: Part - 5-4-AF

Příloha P CXXXVII: Part - 5-5

Příloha P CXXXVIII: Part - 5-5-AF

Příloha P CXXXIX: Part - 5-6

Příloha P CXL: Part - 5-6-AF

Příloha P CXLI: Part - 5-7

Příloha P CXLII: Part - 5-7-AF

Příloha P CXLIII: Part - 5-8

Příloha P CXLIV: Part - 5-8-AF

Příloha P CXLV: Part - 5-9

Příloha P CXLVI: Part - 5-9-AF

Příloha P CXLVII: Part - 5-10

Příloha P CXLVIII: Part - 5-10-AF

Příloha P CXLIX: Part - 5-11

Příloha P CL: Part - 5-11-AF

Příloha P CLI: Part - 5-12

Příloha P CLII: Part - 5-12-AF

Příloha P CLIII: Part - 5-13

Příloha P CLIV: Part - 5-13-AF

Příloha P CLV: Part - 5-14

Příloha P CLVI: Part - 5-14-AF

Příloha P CLVII: Part - 5-15

Příloha P CLVIII: Part - 5-15-AF

Příloha P CLIX: Part - 5-16

Příloha P CLX: Part - 5-16-AF

Příloha P CLXI: Part - 6-1

Příloha P CLXII: Part - 6-1-AF

Příloha P CLXIII: Part - 6-2

Příloha P CLXIV: Part - 6-2-AF

Příloha P CLXV: Part - 6-3

Příloha P CLXVI: Part - 6-3-AF

Příloha P CLXVII: Part - 6-4

Příloha P CLXVIII: Part - 6-4-AF

Příloha P CLXIX: Part - 6-5

Příloha P CLXX: Part - 6-5-AF

Příloha P CLXXI: Part - 6-6

Příloha P CLXXII: Part - 6-6-AF

Příloha P CLXXIII: Part - 6-7

Příloha P CLXXIV: Part - 6-7-AF

Příloha P CLXXV: Part - 6-8

Příloha P CLXXVI: Part - 6-8-AF

Příloha P CLXXVII: Part - 6-9

Příloha P CLXXVIII: Part - 6-9-AF

Příloha P CLXXIX: Part - 6-10

Příloha P CLXXX: Part - 6-10-AF

Příloha P CLXXXI: Part - 6-11

Příloha P CLXXXII: Part - 6-11-AF

Příloha P CLXXXIII: Part - 6-12

Příloha P CLXXXIV: Part - 6-12-AF

Příloha P CLXXXV: Part - 6-13

Příloha P CLXXXVI: Part - 6-13-AF

Příloha P CLXXXVII: Part - 6-14

Příloha P CLXXXVIII: Part - 6-14-AF

Příloha P CLXXXIX: Part - 6-15

Příloha P CXC: Part - 6-15-AF

Příloha P CXCI: Part - 6-16

Příloha P CXCII: Part - 6-16-AF

Příloha P CXCIII: Part - 7-1

Příloha P CXCIV: Part - 7-1-AF

Příloha P CXCV: Part - 7-2

Příloha P CXCVI: Part - 7-2-AF

Příloha P CXCVII: Part - 7-3

Příloha P CXCVIII: Part - 7-3-AF

Příloha P CXCIX: Part - 7-4

Příloha P CC: Part - 7-4-AF

Příloha P CCI: Part - 7-5

Příloha P CCII: Part - 7-5-AF

Příloha P CCIII: Part - 7-6

Příloha P CCIV: Part - 7-6-AF

Příloha P CCV: Part - 7-7

Příloha P CCVI: Part - 7-7-AF

Příloha P CCVII: Part - 7-8

Příloha P CCVIII: Part - 7-8-AF

Příloha P CCIX: Part - 7-9

Příloha P CCX: Part - 7-9-AF

Příloha P CCXI: Part - 7-10

Příloha P CCXII: Part - 7-10-AF

Příloha P CCXIII: Part - 7-11

Příloha P CCXIV: Part - 7-11-AF

Příloha P CCXV: Part - 7-12

Příloha P CCXVI: Part - 7-12-AF

Příloha P CCXVII: Part - 7-13

Příloha P CCXVIII: Part - 7-13-AF

Příloha P CCXIX: Part - 7-14

Příloha P CCXX: Part - 7-14-AF

Příloha P CCXXI: Part - 7-15

Příloha P CCXXII: Part - 7-15-AF

Příloha P CCXXIII: Part - 7-16

Příloha P CCXXIV: Part - 7-16-AF

Příloha P CCXXV: Part - 8-1

Příloha P CCXXVI: Part - 8-1-AF

Příloha P CCXXVII: Part - 8-2

Příloha P CCXXVIII: Part - 8-2-AF

Příloha P CCXXIX: Part - 8-3

Příloha P CCXXX: Part - 8-3-AF

Příloha P CCXXXI: Part - 8-4

Příloha P CCXXXII: Part - 8-4-AF

Příloha P CCXXXIII: Part - 8-5

Příloha P CCXXXIV: Part - 8-5-AF

Příloha P CCXXXV: Part - 8-6

Příloha P CCXXXVI: Part - 8-6-AF

Příloha P CCXXXVII: Part - 8-7

Příloha P CCXXXVIII: Part - 8-7-AF

Příloha P CCXXXIX: Part - 8-8

Příloha P CCXL: Part - 8-8-AF

Příloha P CCXLI: Part - 8-9

Příloha P CCXLII: Part - 8-9-AF

Příloha P CCXLIII: Part - 8-10

Příloha P CCXLIV: Part - 8-10-AF

Příloha P CCXLV: Part - 8-11

Příloha P CCXLVI: Part - 8-11-AF

Příloha P CCXLVII: Part - 8-12

Příloha P CCXLVIII: Part - 8-12-AF

Příloha P CCXLIX: Part - 8-13

Příloha P CCL: Part - 8-13-AF

Příloha P CCLI: Part - 8-14

Příloha P CCLII: Part - 8-14-AF

Příloha P CCLIII: Part - 8-15

Příloha P CCLIV: Part - 8-15-AF

Příloha P CCLV: Part - 8-16

Příloha P CCLVI: Part - 8-16-AF

Příloha P CCLVII: Part - 9-1

Příloha P CCLVIII: Part - 9-1-AF

Příloha P CCLIX: Part - 9-2

Příloha P CCLX: Part - 9-2-AF

Příloha P CCLXI: Part - 9-3

Příloha P CCLXII: Part - 9-3-AF

Příloha P CCLXIII: Part - 9-4

Příloha P CCLXIV: Part - 9-4-AF

Příloha P CCLXV: Part - 9-5

Příloha P CCLXVI: Part - 9-5-AF

Příloha P CCLXVII: Part - 9-6

Příloha P CCLXVIII: Part - 9-6-AF

Příloha P CCLXIX: Part - 9-7

Příloha P CCLXX: Part - 9-7-AF

Příloha P CCLXXI: Part - 9-8

Příloha P CCLXXII: Part - 9-8-AF

Příloha P CCLXXIII: Part - 9-9

Příloha P CCLXXIV: Part - 9-9-AF

Příloha P CCLXXV: Part - 9-10

Příloha P CCLXXVI: Part - 9-10-AF

Příloha P CCLXXVII: Part - 9-11

Příloha P CCLXXVIII: Part - 9-11-AF

Příloha P CCLXXIX: Part - 9-12

Příloha P CCLXXX: Part - 9-12-AF

Příloha P CCLXXXI: Part - 9-13

Příloha P CCLXXXII: Part - 9-13-AF

Příloha P CCLXXXIII: Part - 9-14

Příloha P CCLXXXIV: Part - 9-14-AF

Příloha P CCLXXXV: Part - 9-15

Příloha P CCLXXXVI: Part - 9-15-AF

Příloha P CCLXXXVII: Part - 9-16

Příloha P CCLXXXVIII: Part - 9-16-AF

Příloha P CCLXXXIX: Part - 10-1

Příloha P CCXC: Part - 10-1-AF

Příloha P CCXCI: Part - 10-2

Příloha P CCXCII: Part - 10-2-AF

Příloha P CCXCIII: Part - 10-3

Příloha P CCXCIV: Part - 10-3-AF

Příloha P CCXCV: Part - 10-4

Příloha P CCXCVI: Part - 10-4-AF

Příloha P CCXCVII: Part - 10-5

Příloha P CCXCVIII: Part - 10-5-AF

Příloha P CCXCIX: Part - 10-6

Příloha P CCC: Part - 10-6-AF

Příloha P CCCI: Part - 10-7

Příloha P CCCII: Part - 10-7-AF

Příloha P CCCIII: Part - 10-8

Příloha P CCCIV: Part - 10-8-AF

Příloha P CCCV: Part - 10-9

Příloha P CCCVI: Part - 10-9-AF

Příloha P CCCVII: Part - 10-10

Příloha P CCCVIII: Part - 10-10-AF

Příloha P CCCIX: Part - 10-11

Příloha P CCCX: Part - 10-11-AF

Příloha P CCCXI: Part - 10-12

Příloha P CCCXII: Part - 10-12-AF

Příloha P CCCXIII: Part - 10-13

Příloha P CCCXIV: Part - 10-13-AF

Příloha P CCCXV: Part - 10-14

Příloha P CCCXVI: Part - 10-14-AF

Příloha P CCCXVII: Part - 10-15

Příloha P CCCXVIII: Part - 10-15-AF

Příloha P CCCXIX: Part - 10-16

Příloha P CCCXX: Part - 10-16-AF

Příloha P CCCXXI: Part - 11-1

Příloha P CCCXXII: Part - 11-1-AF

Příloha P CCCXXIII: Part - 11-2

Příloha P CCCXXIV: Part - 11-2-AF

Příloha P CCCXXV: Part - 11-3

Příloha P CCCXXVI: Part - 11-3-AF

Příloha P CCCXXVII: Part - 11-4

Příloha P CCCXXVIII: Part - 11-4-AF

Příloha P CCCXXIX: Part - 11-5

Příloha P CCCXXX: Part - 11-5-AF

Příloha P CCCXXXI: Part - 11-6

Příloha P CCCXXXII: Part - 11-6-AF

Příloha P CCCXXXIII: Part - 11-7

Příloha P CCCXXXIV: Part - 11-7-AF

Příloha P CCCXXXV: Part - 11-8

Příloha P CCCXXXVI: Part - 11-8-AF

Příloha P CCCXXXVII: Part - 11-9

Příloha P CCCXXXVIII: Part - 11-9-AF

Příloha P CCCXXXIX: Part - 11-10

Příloha P CCCXL: Part - 11-10-AF

Příloha P CCCXLI: Part - 11-11

Příloha P CCCXLII: Part - 11-11-AF

Příloha P CCCXLIII: Part - 11-12

Příloha P CCCXLIV: Part - 11-12-AF

Příloha P CCCXLV: Part - 11-13

Příloha P CCCXLVI: Part - 11-13-AF

Příloha P CCCXLVII: Part - 11-14

Příloha P CCCXLVIII: Part - 11-14-AF

Příloha P CCCXLIX: Part - 11-15

Příloha P CCCL: Part - 11-15-AF

Příloha P CCCLI: Part - 11-16

Příloha P CCCLII: Part - 11-16-AF

Příloha P CCCLIII: Part - 12-1

Příloha P CCCLIV: Part - 12-1-AF

Příloha P CCCLV: Part - 12-2

Příloha P CCCLVI: Part - 12-2-AF

Příloha P CCCLVII: Part - 12-3

Příloha P CCCLVIII: Part - 12-3-AF

Příloha P CCCLIX: Part - 12-4

Příloha P CCCLX: Part - 12-4-AF

Příloha P CCCLXI: Part - 12-5

Příloha P CCCLXII: Part - 12-5-AF

Příloha P CCCLXIII: Part - 12-6

Příloha P CCCLXIV: Part - 12-6-AF

Příloha P CCCLXV: Part - 12-7

Příloha P CCCLXVI: Part - 12-7-AF

Příloha P CCCLXVII: Part - 12-8

Příloha P CCCLXVIII: Part - 12-8-AF

Příloha P CCCLXIX: Part - 12-9

Příloha P CCCLXX: Part - 12-9-AF

Příloha P CCCLXXI: Part - 12-10

Příloha P CCCLXXII: Part - 12-10-AF

Příloha P CCCLXXIII: Part - 12-11

Příloha P CCCLXXIV: Part - 12-11-AF

Příloha P CCCLXXV: Part - 12-12

Příloha P CCCLXXVI: Part - 12-12-AF

Příloha P CCCLXXVII: Part - 12-13

Příloha P CCCLXXVIII: Part - 12-13-AF

Příloha P CCCLXXIX: Part - 12-14

Příloha P CCCLXXX: Part - 12-14-AF

Příloha P CCCLXXXI: Part - 12-15

Příloha P CCCLXXXII: Part - 12-15-AF

Příloha P CCCLXXXIII: Part - 12-16

Příloha P CCCLXXXIV: Part - 12-16-AF

Příloha P CCCLXXXV: Part - 13-1

Příloha P CCCLXXXVI: Part - 13-1-AF

Příloha P CCCLXXXVII: Part - 13-2

Příloha P CCCLXXXVIII: Part - 13-2-AF

Příloha P CCCLXXXIX: Part - 13-3

Příloha P CCCXC: Part - 13-3-AF

Příloha P CCCXCI: Part - 13-4

Příloha P CCCXCII: Part - 13-4-AF

Příloha P CCCXCIII: Part - 13-5

Příloha P CCCXCIV: Part - 13-5-AF

Příloha P CCCXCV: Part - 13-6

Příloha P CCCXCVI: Part - 13-6-AF

Příloha P CCCXCVII: Part - 13-7

Příloha P CCCXCVIII: Part - 13-7-AF

Příloha P CCCXCIX: Part - 13-8

Příloha P CD: Part - 13-8-AF

Příloha P CDI: Part - 13-9

Příloha P CDII: Part - 13-9-AF

Příloha P CDIII: Part - 13-10

Příloha P CDIV: Part - 13-10-AF

Příloha P CDV: Part - 13-11

Příloha P CDVI: Part - 13-11-AF

Příloha P CDVII: Part - 13-12

Příloha P CDVIII: Part - 13-12-AF

Příloha P CDIX: Part - 13-13

Příloha P CDX: Part - 13-13-AF

Příloha P CDXI: Part - 13-14

Příloha P CDXII: Part - 13-14-AF

Příloha P CDXIII: Part - 13-15

Příloha P CDXIV: Part - 13-15-AF

Příloha P CDXV: Part - 13-16

Příloha P CDXVI: Part - 13-16-AF

Příloha P CDXVII: Part - 14-1

Příloha P CDXVIII: Part - 14-1-AF

Příloha P CDXIX: Part - 14-2

Příloha P CDXX: Part - 14-2-AF

Příloha P CDXXI: Part - 14-3

Příloha P CDXXII: Part - 14-3-AF

Příloha P CDXXIII: Part - 14-4

Příloha P CDXXIV: Part - 14-4-AF

Příloha P CDXXV: Part - 14-5

Příloha P CDXXVI: Part - 14-5-AF

Příloha P CDXXVII: Part - 14-6

Příloha P CDXXVIII: Part - 14-6-AF

Příloha P CDXXIX: Part - 14-7

Příloha P CDXXX: Part - 14-7-AF

Příloha P CDXXXI: Part - 14-8

Příloha P CDXXXII: Part - 14-8-AF

Příloha P CDXXXIII: Part - 14-9

Příloha P CDXXXIV: Part - 14-9-AF

Příloha P CDXXXV: Part - 14-10

Příloha P CDXXXVI: Part - 14-10-AF

Příloha P CDXXXVII: Part - 14-11

Příloha P CDXXXVIII: Part - 14-11-AF

Příloha P CDXXXIX: Part - 14-12

Příloha P CDXL: Part - 14-12-AF

Příloha P CDXLI: Part - 14-13

Příloha P CDXLII: Part - 14-13-AF

Příloha P CDXLIII: Part - 14-14

Příloha P CDXLIV: Part - 14-14-AF

Příloha P CDXLV: Part - 14-15

Příloha P CDXLVI: Part - 14-15-AF

Příloha P CDXLVII: Part - 14-16

Příloha P CDXLVIII: Part - 14-16-AF

Příloha P CDXLIX: Part - 15-1

Příloha P CDL: Part - 15-1-AF

Příloha P CDLI: Part - 15-2

Příloha P CDLII: Part - 15-2-AF

Příloha P CDLIII: Part - 15-3

Příloha P CDLIV: Part - 15-3-AF

Příloha P CDLV: Part - 15-4

Příloha P CDLVI: Part - 15-4-AF

Příloha P CDLVII: Part - 15-5

Příloha P CDLVIII: Part - 15-5-AF

Příloha P CDLIX: Part - 15-6

Příloha P CDLX: Part - 15-6-AF

Příloha P CDLXI: Part - 15-7

Příloha P CDLXII: Part - 15-7-AF

Příloha P CDLXIII: Part - 15-8

Příloha P CDLXIV: Part - 15-8-AF

Příloha P CDLXV: Part - 15-9

Příloha P CDLXVI: Part - 15-9-AF

Příloha P CDLXVII: Part - 15-10

Příloha P CDLXVIII: Part - 15-10-AF

Příloha P CDLXIX: Part - 15-11

Příloha P CDLXX: Part - 15-11-AF

Příloha P CDLXXI: Part - 15-12

Příloha P CDLXXII: Part - 15-12-AF

Příloha P CDLXXIII: Part - 15-13

Příloha P CDLXXIV: Part - 15-13-AF

Příloha P CDLXXV: Part - 15-14

Příloha P CDLXXVI: Part - 15-14-AF

Příloha P CDLXXVII: Part - 15-15

Příloha P CDLXXVIII: Part - 15-15-AF

Příloha P CDLXXIX: Part - 15-16

Příloha P CDLXXX: Part - 15-16-AF