



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

HODNOCENÍ KVALITY VÝVRTU BROKOVÉ HLAVNĚ

QUALITY ASSESSMENT OF SHOTGUN BARREL BORE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. VÍTĚZSLAV VESPALEC

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. RÓBERT JANKOVÝCH, CSc.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Vítězslav Vespalec

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Kvalita, spolehlivost a bezpečnost (2341T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Hodnocení kvality vývrtní brokové hlavně

v anglickém jazyce:

Quality assessment of shotgun barrel bore

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Výzkum a ověření vhodných metod hodnocení kvality vývrtní brokových hlavní.

Cíle diplomové práce:

- Definování kvality vývrtní brokové hlavně
- Analýza současného stavu hodnocení kvality vývrtní brokové hlavně
- Analýza možností využití optického profilometru pro znázornění a hodnocení textury povrchu vývrtní
- Návrh zpřesnění hodnocení kvality vývrtní brokové hlavně ve výrobě s důrazem na zvolenou část

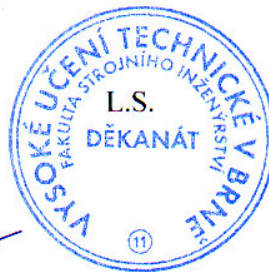
Seznam odborné literatury:


1. Fišer, M., Konstrukce loveckých, sportovních a obranných zbraní. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2009, ISBN 978-80-248-1021-8
2. Jankových, R., Hlavňové zbraně a střelivo. 1. vydání Brno: Vysoké učení technické, 2012. ISBN 978-80-260-2384-5
3. Bumbálek, B., Odvody, V. a Ošťádal B., Drsnost povrchu. Praha, SNTL 1989
4. Whitehouse, S.J., Handbook of Surface Metrology. Leicester, Rank Taylor Hobson Ltd 1994
5. Normy o výpočtu a analýze profilových a plošných parametrů textury povrchu
6. Normy o technických požadavcích na civilní palné zbraně
7. Firemní dokumentace

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Róbert Jankových, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 19.11.2014




doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu


doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan

Abstrakt

Diplomová práce řeší problematiku hodnocení kvality vývrtní brokových hlavních. Původním způsobem je definována kvalita brokové hlavně a kvalita jejího vývrtní. V závěru práce jsou uvedeny konkrétní návrhy pro hodnocení parametrů textury povrchu vývrtní kovaných polotovarů brokových hlavních.

Klíčová slova

broková hlaveň, kvalita vývrtní, optický profilometr, kontaktní drsnoměr, parametry textury

Abstract

The diploma thesis deals with the issue of a quality assessment of a bore of shotgun barrels. There are mentioned both definitions of a quality shotgun barrel and also a quality of shotgun barrel bore. In conclusion, there are presented particular proposals for evaluation of parameters of surface texture of forged shotgun barrel blanks.

Keywords

shotgun barrel, shotgun barrel bore quality, optical profilometer, contact roughness tester, texture parameters

Bibliografická citace:

VESPALC, V. *Hodnocení kvality vývrtní brokové hlavně*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 105 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Róbert Jankových, CSc..

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci *Hodnocení kvality vývrtní brokové hlavě* zpracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Róberta Jankových, CSc. a s pomocí konzultací ve společnosti Zbrojovka Brno, s.r.o. V seznamu literatury jsem uvedl použité zdroje.

V Brně, dne 28. 5. 2015

.....

Bc. Vítězslav Vespalec


Poděkování

Za pomoc, cenné rady a připomínky i za podporu při tvorbě práce tímto děkuji svému vedoucímu práce doc. Ing. Róbertu Jankových, CSc. Rovněž bych chtěl poděkovat Ing. Michalu Koutnému, konstruktérovi firmy Zbrojovka Brno, s.r.o. za důvěru, podporu a nadstandartní spolupráci. Na závěr bych chtěl poděkovat své rodině i přátelům a známým za podporu, kterou mi v průběhu studia poskytly.

Obsah

ÚVOD	11
1 HISTORIE VÝROBY BROKOVÝCH ZBRANÍ V ZB	12
2 BROKOVÁ HLAVEŇ.....	16
2.1 Termíny a definice.....	16
2.2 Kvalita brokové hlavně	17
2.2.1 Zákonné požadavky	19
2.2.2 Požadavky technických norem	23
2.2.3 Další požadavky	32
2.3 Výrobní proces hlavně	33
2.3.1 Volba materiálu a jeho objednávka dle technických podmínek	33
2.3.2 Kontrolní zkoušky materiálu	33
2.3.3 Příprava polotovaru pro vrtání	34
2.3.4 Vyvrtání dlouhého otvoru a rovnání hlavně	34
2.3.5 Vystružení dlouhého otvoru	36
2.3.6 Soustružení vnějšího povrchu a rovnání hlavně	36
2.3.7 Kování za studena	37
2.3.8 Vizualní kontrola vývrtu a rovnání hlavně	39
2.3.9 Soustružení vnějšího tvaru hlavně.....	40
2.3.10 Výroba vnitřních kuželových a tvarových ploch	40
2.3.11 Leštění vývrtu	42
3 PŘÍPRAVA MĚŘENÍ A JEHO METODIKA	43
3.1 Příprava vzorku	43
3.2 Měřicí metody a přístroje	44
3.2.1 Bezkontaktní měřicí metody a přístroje	44
3.2.2 Kontaktní měřicí metody a přístroje	47
4 MĚŘENÍ PARAMETRŮ TEXTURY VÝVRTU HLAVNĚ.....	50
4.1 Měření textury povrchu vzorku č.1	50
4.1.1 Hodnocení stavu povrchu vývrtu vzorku č. 1	51
4.1.2 Hodnocení stavu rýhy	53
4.2 Měření textury povrchu vzorku č. 2	54
4.2.1 Hodnocení stavu povrchu vývrtu vzorku č. 2	55
4.3 Srovnání parametrů textur vzorků č. 1 a č. 2	57
4.4 Srovnání ostatních parametrů vzorků č. 1 a č. 2	60

ZÁVĚR.....	62
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	64
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	66
SEZNAM PŘÍLOH	67
<i>Příloha č. 1 Technické dodací podmínky.....</i>	68
<i>Příloha č. 2 Kontrolní zkoušky materiálu</i>	70
<i>Příloha č. 3 Technické parametry měřicího přístroje Talysurf CCI</i>	72
<i>Příloha č. 4 Technické parametry měřicího přístroje Surtronic 25</i>	73
<i>Příloha č. 5 Vybrané parametry profilu drsnosti.....</i>	74
<i>Příloha č. 6 Vybrané výškové parametry textury povrchu.....</i>	79
<i>Příloha č. 7 Vybraný objemový parametr.....</i>	81
<i>Příloha č. 8 Statistické vyhodnocení naměřených dat</i>	82
<i>Příloha č. 9 Vzorek č. 1 – Data získaná bezkontaktní metodou měření</i>	83
<i>Příloha č. 10 Vzorek č. 1 – Data získaná kontaktní metodou měření</i>	97
<i>Příloha č. 11 Vzorek č. 2 – Data získaná bezkontaktní metodou měření</i>	98
<i>Příloha č. 12 Vzorek č. 2 – Data získaná kontaktní metodou měření</i>	105

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

ÚVOD

Kvalitou výrobku obecně můžeme označit schopnost inherentních znaků všech jeho částí uspokojovat očekávání, potřeby a požadavky uživatele. Co se samotného pojmu kvalita týká, existuje velké množství dostupné literatury, které tuto problematiku popisují a rovněž řeší způsoby jejího hodnocení [1,2]. Jinak je tomu v případě hodnocení kvality specifického výrobku, jakým je broková hlaveň. Tomuto tématu se doposud žádná dostupná literatura nevěnovala. Předložená diplomová práce je jedním z prvních rozsáhlejších příspěvků v oblasti hodnocení požadavků kvality brokových hlavních.

Na základě analýzy zadání byla diplomová práce rozčleněna do čtyř kapitol, závěru a dvanácti příloh.

První kapitola obsahuje stručnou historii brněnské Zbrojovky od jejího vzniku až do současnosti. Součástí této kapitoly je jmenný seznam zástupců typových řad brokových a kombinovaných zbraní, které reprezentují vybrané modely.

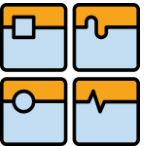
Ve druhé kapitole je řešena problematika definování kvality brokových hlavních. Zde je rovněž uveden stručný slovník termínů a definic, týkajících se přímo brokové hlavně a jejich součástí. Dále je zde formulován současný stav hodnocení kvality vývrtu brokové hlavně ve smyslu zákonů, příslušných vyhlášek a Českých technických norem. Na konkrétních příkladech jsou objasněny vybrané požadavky kladené na brokovou hlaveň a jejich hodnocení při výrobě a při ověřování kvality dle zákona č.156/2000Sb. O ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických výrobků. Součástí kapitoly je rovněž zjednodušený popis výrobního procesu brokové hlavně, v jehož průběhu dochází k realizaci vybraných požadavků.

Třetí kapitola se zabývá přípravou dvou vzorků pro měření vybraných parametrů textury povrchu vývrtu. Další část kapitoly obsahuje vysvětlení použitých měřících metod, stručné seznámení s použitými měřicími přístroji a jejich charakteristikami. V závěrečné části kapitoly je uveden detailní popis metodiky měření.

Čtvrtá kapitola se zaměřuje na srovnání 3D modelů textury povrchu a jednotlivých parametrů profilu drsnosti obou vzorků brokových hlavních. Na základě tohoto srovnání jsou v jednotlivých podkapitolách formulovány závěry týkající se zvolených oblastí vzorků brokových hlavních. Dále tato kapitola obsahuje závěrečné shrnutí všech dílčích závěrů, zhodnocení vhodnosti použitých měřících metod a formulování doporučení pro průmyslovou praxi.

Závěr shrnuje výsledky dosažené v jednotlivých kapitolách diplomové práce.

V přílohách jsou zařazeny podkladové materiály Zbrojovky Brno s.r.o., technické parametry použitých měřících přístrojů a výsledky měření obou vzorků.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1 HISTORIE VÝROBY BROKOVÝCH ZBRANÍ V ZB

Kořeny dnešní společnosti Zbrojovka Brno s.r.o. (dále jen Zbrojovka nebo ZB) se datují k roku 1918, kdy z původních Rakousko-Uherských dělostřeleckých dílen vznikl podnik s názvem Československá státní zbrojovka.

V začátcích se podnik zabýval převážně opravou železničních vagonů, výrobou součástí pro prostředky dálkové komunikace, náradí a vojenských pušek. Časem postupně rostl objem nezbrojní i zbrojní produkce, který si v letech 1924-25 vynutil výstavbu nových výrobních prostor. Nové prostory umožnily podniku zvýšit objem i šířku portfolia nabízených výrobků. Společně se zavedením vlastního tolerančního systému pro výrobu a používání měřidel a také s dobrou vnitřní organizační strukturou se Zbrojovka stala nejen průkopníkem na poli normalizace, ale hlavně podnikem, který mohl být považován za vzorový. Díky těmto prozíravým krokům se Zbrojovka dostala v průběhu 2. poloviny 20.ých let mezi největší výrobce pušek na světě.

Období 20.ých a 30.ých let bylo pro Zbrojovku obdobím rozvoje a růstu, které dosáhlo vrcholu v letech 1934-38, kdy se Zbrojovka stala zbrojním koncernem světového významu. Tohoto stavu dosáhla rozšířením sféry vlivu pomocí nákupu akcií, kdy získala kapitálovou účast v zahraničních podnicích s podobným výrobním zaměřením.

V průběhu 2. světové války (1939-1945) byla Zbrojovka, která se nacházela se na území protektorátu donucena pracovat pro Třetí říši, a tak zásobovat výzbrojí prakticky všechny druhy jejích vojsk.


Ve druhé polovině 40.ých let byla produkce ZB zaměřena na traktory, motocyklové motory samozřejmě také na výrobu sportovních a loveckých zbraní. Postupem času až do konce 80.ých let se Zbrojovka zabývala převážně výrobou kancelářské, sdělovací a výpočetní techniky, dieselových motorů a náradí. Samotná výroba sportovních a loveckých zbraní tak tvořila pouze menší část objemu výroby.

V průběhu 90.ých let se ZB dostala do ekonomických problémů, které vyvrcholily v roce 2006 ukončením výroby zbraní. Nicméně díky invenci společnosti České zbrojovky Uherský Brod, a.s. bylo možno již počátkem roku 2007 výrobu obnovit, a tak alespoň částečně zachovat její slavnou zbrojařskou tradici. [3,4]

V historii Zbrojovky dokázali její konstruktéři i zaměstnanci nejen navrhovat, ale také vyrábět celé řady úspěšných modelů loveckých i sportovních zbraní známých svojí originalitou a kvalitou provedení. S přihlédnutím na množství jednotlivých modelů jsou zde uvedeny pouze některé jako příklady jednotlivých řad, které budou řazeny chronologicky podle roku svého vzniku.

Příklady typových řad s uvedenými konkrétními zástupci:

- typová řada ZP; model ZP 47,
- typová řada ZH; model ZH 104,
- typová řada Brno 500; model Brno 500,
- typová řada Brno Super; model Brno Super,
- typová řada Brno 800; model BO 801.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Prvním počinem ZB v poválečných letech, konkrétně na přelomu let 1946/47 byla broková dvojka s typovým označením ZP47 (obr. 1.1). Jedná se o dvojku klasické konstrukce s určitou dávkou konstrukční originality. Ta se odráží v jednoduchosti vnitřních mechanismů, které tak tvoří jen malý počet součástí. Právě tímto přístupem bylo z dnešního úhlu pohledu zaručeno splnění požadavku na funkční spolehlivost, která patří mezi znaky (požadavky) kvality. [5]



Obr. 1.1 Broková dvojka ZP 47 [9]

Po typové řadě ZP uvedené na trh v roce 1946 následovala v roce 1958 typová řada ZH (obr. 1.2). I přes konstrukční odlišnost měly obě typové řady jeden společný rys. Tím byl obdobný způsob (filozofie), jakým se k jejich konstrukci přistupovalo. Výsledkem tohoto přístupu byla stejně jako u řady ZP jednoduchost vnitřních mechanismů, která i zde umožnila splnění požadavku na funkční spolehlivost. [6]



Obr. 1.2 Broková kozlice ZH 104 [9]

I když typové řady brokovnic ZP a ZH zaznamenaly úspěch, bylo v ZB přikročeno k vývoji nové typové řady brokovnic. Důvodem byly stále rostoucí možnosti technologií, konstrukcí i materiálů. Toto všechno vyústilo v růst požadavků na brokové zbraně ze strany zákazníků, kdy některým skupinám zákazníků už předchozí typové řady nevyhovovaly.



Výsledkem přijetí a zpracování rostoucích požadavků ze strany zákazníků byla typová řada Brno 500 (obr. 1.4). Ta se oproti předchozím řadám lišila návratem ke klasické konstrukci. Tento fakt však nezabránil splnění rostoucích požadavků, a tak se typová řada Brno 500 v porovnání s předchozími posunula pojem kvalita o příčku výš v jejím žebříčku. [6]



Obr. 1.4 Broková kozlice Brno 500 [6]

Typová řadě Brno Super (obr. 1.5), která byla uvedena po řadě Brno 500, znamenala opětovný posun na žebříčku kvality. Za tímto úspěchem byl opět konstrukční přístup. Především volba klasické konstrukce a nadstandardní podíl ručního do lícování. Fakt, který toto potvrzuje je ten, že si typová řada Brno Super získala pověst výborných loveckých i sportovních zbraní. [6]




Obr. 1.5 Broková kozlice Brno Super [6]

I přes nesporné kvality, které měly uvedené typové řady zbraní, docházelo k jejich postupnému morálnímu zastarání. Toto bylo v polovině 90.tých let impulsem pro zadání vývoje nové typové řady brokových kozlic. Její vývoj se prodloužil, právě kvůli hledání ideálního poměru spolehlivosti funkce a kalkulace předpokládaných výrobních nákladů. Právě z těchto důvodů se nová typová řada Brno 800 (obr. 1.6) poprvé objevila až ve druhé polovině roku 2004. [6]



Obr. 1.6 Broková kozlice BO 801 [9]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 15
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Typové řady brokových (kombinovaných) zbraní uvedené v této kapitole, prezentují nejznámější modely zbraní z produkce ZB od poválečných let až do současnosti. Zde je nutné podotknout, že kvalita vyráběných zbraní a její hodnocení společností i zákazníci roste společně s rozvojem technologií, konstrukcí a používanými materiály.

Z dostupné literatury vyplývá, že vedení brněnské Zbrojovky věnovalo v průběhu celé její existence maximální pozornost zlepšování kvality. Z uvedeného průřezu produkce brokových a kombinovaných zbraní ZB, je jejich technické úrovně jasně patrné zlepšování kvality v závislosti na technickém pokroku jasně patrné. [3,4,7,8,9]

Řešení problematiky hodnocení a zlepšování kvality zbraní je velmi rozsáhlé, a tak vzhledem k rozsahu této tématu bude tato diplomová práce zaměřena na hodnocení kvality brokových hlavních s důrazem na zhodnocení kvality jejich vývrtního.

Pro zhodnocení kvality brokové hlavně je nutné nejdříve formulovat základní pojmy, které ji tvoří. Z tohoto důvodu bude následující kapitola zaměřena na definování jednotlivých skupin požadavků kvality vývrtního brokové hlavně a analýzu současného stavu jejího hodnocení.



2 BROKOVÁ HLAVEŇ

V první části kapitoly (2.1) jsou uvedeny vybrané termíny a definice týkající se brokových hlavních, které jsou hlavními částmi brokovnic, případně kombinovaných zbraní. Přičemž většina vybraných termínů a definic je zaměřena na vývrt brokové hlavně a jeho jednotlivé části.

Následující část kapitoly (2.2) je věnována definování kvality vývrtu jako součásti kvality brokové hlavně.

Definování požadavků na brokové hlavně je rozděleno do tří podkapitol. První se zaměřuje na legislativní tedy zákonnou část požadavků, které jsou formulovány právními předpisy (zákony a prováděcí vyhlášky). Ty detailně definují ověřování, zkoušení brokových a kombinovaných zbraní nebo hlavních i způsoby vedení dokumentace. Předmětem druhé podkapitoly jsou definice požadavků českých technických norem, které se zabývají především požadavky technického a provozního rázu. Třetí kapitola zmiňuje další požadavky, které v předchozích částech vůbec nejsou definovány nebo jsou definovány volně

V závěrečné části kapitoly (2.3) je uveden stručný popis výrobního procesu brokové hlavně. Jeho přítomnost v této části diplomové práce má své opodstatnění, kterým je postupné plnění všech jednotlivých požadavků, ke kterému dochází průběžně v jeho jednotlivých etapách.

2.1 Termíny a definice

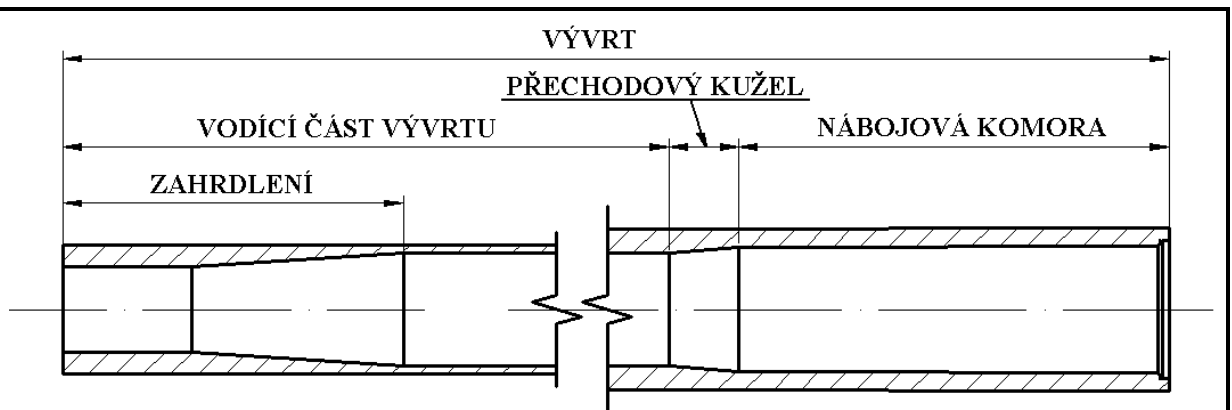
Brokovou zbraň (obr. 2.1.1) je střelná palná zbraň s hlavní (hlavněmi) pro střelbu brokovými náboji (hromadná střela) případně speciálními náboji pro brokovou zbraň. [10]



Obr. 2.1.1 Broková zbraň – kozlice [7]

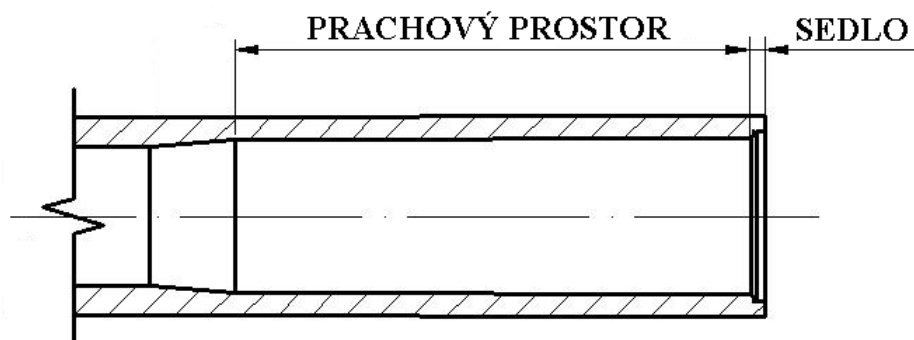
Hlaveň brokové zbraně (dále jen hlavěň) je hlavní část zbraně, v níž je chemická energie střeliviny přeměněna na pohybovou energii hromadné nebo speciální střely pro brokovou zbraň. [10]

Hlavně mají, až na výjimky, hladký vývrt, jehož rozměry se označují údaji o smluvní velikosti průměru vodící části vývrtu hlavně a technickým popisem nábojové komory. Vývrtem rozumíme vnitřní prostor hlavně mezi dnem nábojové komory a ústím hlavně (obr 2.1.2). [10]



Obr. 2.1.2 Průřez vývrtu brokové hlavně s pevným zahrdlením

Nábojová komora (obr. 2.1.3) hlavně je prostor v zadní části vývrtu rozměrově i tolerančně odpovídající danému náboji. Samotná nábojová komora je tvořena následujícími částmi, kterými jsou prachový prostor a sedlo. Prachový prostor je určen pro tělo nábojnice. Sedlo je zahlobením v čele hlavně určené pro dosednutí okraje nábojnice. [10,11]



Obr. 2.1.3 Nábojová komora brokové hlavně

Přechodový kužel tvoří přechod z nábojové komory do vodící části vývrtu a slouží k zavádění hromadné, případně speciální střely do vodící části vývrtu. [10]

Vodící část vývrtu hlavně vede střelu v požadovaném směru. [10]

Zahrdlení představuje speciální část vývrtu sloužící k úpravě krytí. Případně zlepšuje přesnost střelby při použití speciálních střel. [10]

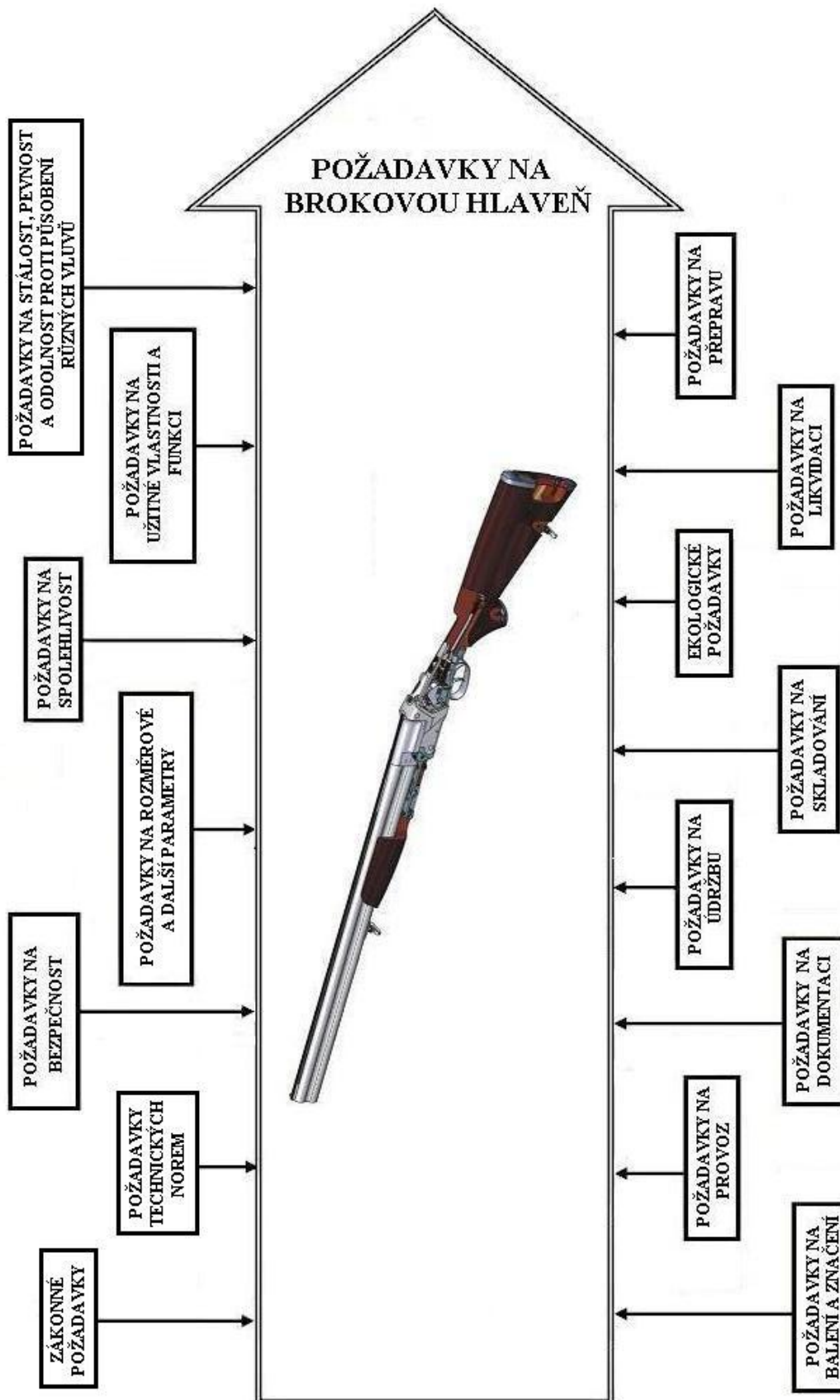
2.2 Kvalita brokové hlavně

Kvalitu brokové hlavně nazveme jako schopnost inherentních znaků všech jejích částí uspokojit očekávání, potřeby a požadavky na hlavně ve smyslu (obr. 2.2.1).

Vývrt hlavně tvoří její vnitřní prostor a je proto její neoddělitelnou součástí. Na základě výše uvedeného faktu můžeme tedy formulovat kvalitu vývrtu jako schopnost inherentních znaků vývrtu uspokojit očekávání, potřeby a požadavky všech jeho částí. Z hlediska jejich struktury je můžeme jednoduše znázornit (obr. 2.2.2).



DIPLOMOVÁ PRÁCE



Obr. 2.2.1. Kvalita brokové hlavně (upraveno dle [12])



Obr. 2.2.2. Kvalita vývrtu brokové hlavně

2.2.1 Zákonné požadavky

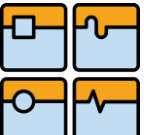
Oblast střelných zbraní a střeliva je v současné době řízena především dvěma zákony a příslušnými prováděcími předpisy. Prvním je zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu (dále jen zákon o zbraních), druhým je zákon č. 156/2000 Sb. o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů (dále jen zákon o ověřování), viz tabulka 1.

Tabulka 1 Zákony a vyhlášky o zbraních a střelivu

Zákon 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu	
Nařízení vlády č. 338/2002 Sb.	Vyhláška MPO č. 369/2002 Sb.
Vyhláška MPO č. 370/2002 Sb.	Vyhláška MPO č. 371/2002 Sb.
Vyhláška MV č. 384/2002 Sb. (do 30. 6. 2014) Vyhláška MV č. 115/2014 Sb. (od 1. 7. 2014)	Vyhláška MZ č. 493/2002 Sb.
Nařízení vlády č. 151/2004 Sb.	Nařízení vlády č. 315/2011 Sb.
Zákon 156/2000 Sb. o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických výrobků	
Vyhláška MPO č. 335/2004 Sb.	Nařízení vlády č. 208/2010 Sb.

Zákon o zbraních nabyl účinnosti dne 1. ledna 2003 a od té doby byl více než dvacetkrát novelizován. Ke dni účinnosti zákona (1. 1. 2003) bylo vydáno celkem 6 prováděcích předpisů. Od 1. 7. 2014 byla Vyhláška MV č. 384/2002 Sb. nahrazena Vyhláškou MV č. 115/2014 Sb. Do současnosti byly vydány další dva předpisy (pořadová čísla 7 a 8):

1. Nařízení vlády č. 338/2002 Sb., o technických požadavcích pro zabezpečení přechovávaných zbraní nebo střeliva a o podmínkách skladování, přechovávání a zacházení s černým loveckým prachem, bezdýmným prachem a zápalkami (dále jen Nařízení vlády č. 338/2002 Sb.),
2. Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 369/2002 Sb., kterou se stanoví postup Českého úřadu pro zkoušení zbraní a střeliva při zařazování typů zbraně nebo střeliva do kategorie (dále jen Vyhláška MPO č. 369/2002 Sb.),

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 20
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

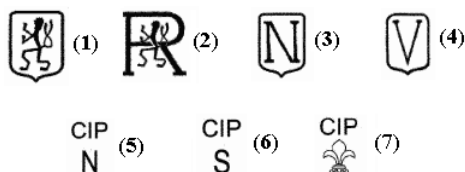
3. Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 370/2002 Sb., o dovoleném výrobním provedení plynové zbraně, expanzní zbraně a střeliva (dále jen Vyhláška MPO č. 370/2002 Sb.),
4. Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 371/2002 Sb., kterou se stanoví postup při znehodnocování a ničení zbraně, střeliva a výrobě jejich řezů (dále jen Vyhláška MPO č. 371/2002 Sb.),
5. Vyhláška Ministerstva vnitra č. 384/2002 Sb., o provedení některých ustanovení zákona o zbraních (dále jen Vyhláška MV č. 384/2002 Sb.). Platnost této vyhlášky skončila k 30. 6. 2014, od 1. 7. 2014 je v platnosti Vyhláška Ministerstva vnitra č. 115/2014 (dále jen Vyhláška MV č. 115/2014 Sb.),
6. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 493/2002 Sb., o posuzování zdravotní způsobilosti k vydání nebo platnosti zbrojního průkazu a obsahu lékárničky první pomoci provozovatele střelnice (dále jen Vyhláška MZ č. 493/2002 Sb.).
7. Nařízení vlády č. 151/2004 Sb., kterým se stanoví, které střelné zbraně a střelivo je možné z jiného členského státu Evropské unie přepravit na území České republiky bez předchozího souhlasu příslušných orgánů České republiky (dále jen Nařízení vlády č. 151/2004 Sb.).
8. Nařízení vlády č. 315/2011 Sb. o zkušebním řádu zkoušky odborné způsobilosti žadatele o vydání zbrojního průkazu skupiny A až E (dále jen Nařízení vlády č. 315/2011 Sb.). [7,13]

Zákon o ověřování vstoupil v platnost dnem 1. 8. 2000, tj. před přijetím současného zákona o zbraních. Původní prováděcí vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 313/2000 Sb. byla v roce 2004 nahrazena novou. V současné době jsou k uvedenému zákonu platné následující dva prováděcí předpisy:

1. Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 335/2004 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů (dále jen Vyhláška MPO č. 335/2004 Sb.).
2. Nařízení vlády č. 208/2010 Sb. o technických požadavcích na pyrotechnické výrobky a jejich uvádění na trh (dále jen Nařízení vlády č. 208/2010 Sb.). [7,14]

V zákoně č. 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu (ani v příslušných prováděcích předpisech) nejsou přímo definovány požadavky na zbraně. V tomto zákoně je v §41 vytvořen institut povinné registrace zbraní příslušných kategorií, který se odvolává na úspěšné dokončení procesu ověření splnění stanovených technických podmínek pro všechny zbraně (a jejich hlavní části), pokud jsou určeny ke střelbě.

Proces ověřování zbraní určený zákonem 156/2000 Sb. je plně platný i pro brokové a kombinované zbraně (a jejich hlavní části ve smyslu zákona č. 119/2002 Sb., tj. samostatných hlavní, případných vložných hlavní a závěrů). Ve smyslu tohoto zákona se ověřování brokových, případně kombinovaných zbraní a jejich hlavních částí provádí formou tzv. kusového ověřování nebo opakovaného kusového ověřování (blíže viz §5 zákona 156/2000 Sb.). Kusové ověřování, případně opakované kusové ověřování těchto zbraní je postup, při kterém se ověřuje a dokládá označením každé stanovené střelné zbraně zkušební značkou pro kusové ověřování, že střelná zbraň splňuje stanovené technické požadavky. Na obr. 2.2.3 jsou znázorněny zkušební značky pro brokovnice a jejich hlavní.



Obr. 2.2.3 Zkušební značky pro brokovnice, (upraveno dle [15])

Legenda:

(3),(4) zkušební značky platné do října 2014, (5-7) jednotné zkušební značky platné od března 2013

(1) Identifikační značka Českého úřadu pro zkoušení zbraní a střeliva; (2) Opakované ověřování ; (3) Kusové ověřování – obyčejná zkouška; (4) Kusové ověřování – vyšší zkouška; (5) Obyčejná zkouška; (6) Vyšší zkouška; (7) Zkouška s „ocelovými broky“

Pozn.: Ověřování podle zákona 156/2000 se neprovádí jen u dovezených brokových (příp. kombinovaných) zbraní, pokud jsou již označené platnou zkušební značkou jiného státu na základě mezinárodní smlouvy, kterou je Česká republika vázána (blíže viz Vyhláška č. 70/1975 Sb., o Úmluvě o vzájemném uznávání zkušebních značek ručních palných zbraní).

Umístění příslušné značky na brokovnici (obr. 2.2.3) je považováno za potvrzení, že brokovnice (případně samostatná hlaveň) je schopna plnit funkci, pro kterou je určena (střelba předepsaným druhem nábojů). Má se za to, že takto označená zbraň při střelbě neohrozí zdraví, život či majetek svých uživatelů nebo přírodní prostředí (při dodržení podmínek určených výrobcem nebo dovozcem). [7,13,14,15]

V tabulce 2 jsou zjednodušeným způsobem uvedeny vybrané požadavky formulované vyhláškou 335/2004Sb. pro brokovou zbraň.

Tabulka 2 Požadavky vyhlášky 335/2004 Sb. [15]

Vyhláška č.335/2004Sb.
§ 3 Postup při kusovém ověřování stanovených střelných zbraní
Každá broková hlaveň o měřeném průměru vývrtu musí být opatřena údajem nebo označením materiálu, ze kterého je vyrobena, případně údajem o hmotnosti.
Stanovená střelná zbraň pro brokové náboje s ocelovými broky vysokého výkonu musí být konstruována tak, že zahrnutí brokové hlavně nesmí být větší než 0,5 pro ráži 12 a 10/89 v případě, že jsou použity ocelové broky o průměru větším než 4 mm. Stejný požadavek platí pro brokové hlavně ráže 20 v případě, že jsou použity ocelové broky o průměru větším než 3,25 mm.
Na žádost kontrolované osoby nebo toho, kdo je zapsán v průkazu zbraně - tedy vlastníka zbraně, může být ověřování brokovnice nahrazeno zkouškou s vyšším tlakem (vyšší zkouška) nebo zkouškou pro ocelové broky.
U kusového ověřování zbraní dovezených ze zahraničí, kdy nejsou zkušební značky ze země původu zbraně v České republice uznávány na základě Úmluvy a které mají sklopné hlavně, se navíc zjišťuje: <ul style="list-style-type: none"> - délka hlavní (hlavňového svazku) s přesností na 1 mm, - průměr vývrtu brokové hlavně s přesností na 0,1 mm - hmotnost hlavně nebo hlavňového svazku bez předpažbí s přesností na 1 g,



Tabulka 2 Požadavky vyhlášky 335/2004 Sb. [15]

§ 8 Označování zkušebními značkami

Český úřad pro zkoušení zbraní a střeliva (dále jen CÚZZS) stanoveným způsobem označí každou brokovou hlavěň

Při kusovém nebo opakovaném kusovém ověřování CÚZZS označí jednotnou zkušební značkou, národní identifikační značkou zkušebny a dvojčíslem roku provedení zkoušky

Příloha 1: Stanovené technické požadavky při kusovém ověřování stanovené střelné zbraně**1. Prohlídka stanovené střelné zbraně před zkušební střelbou**

Stanovená střelná zbraň nesmí mít zejména:

- výrobní vady ve vývrtu a v nábojové komoře, jako jsou prohlubně, rysky, prolomeniny a rýhy nebo jiné vady viditelné pouhým okem,
- nedostatečně vyleštěný vývrt hlavně a povrch nábojové komory, který ztěžuje odhalení případných závad vzniklých při zkušební střelbě

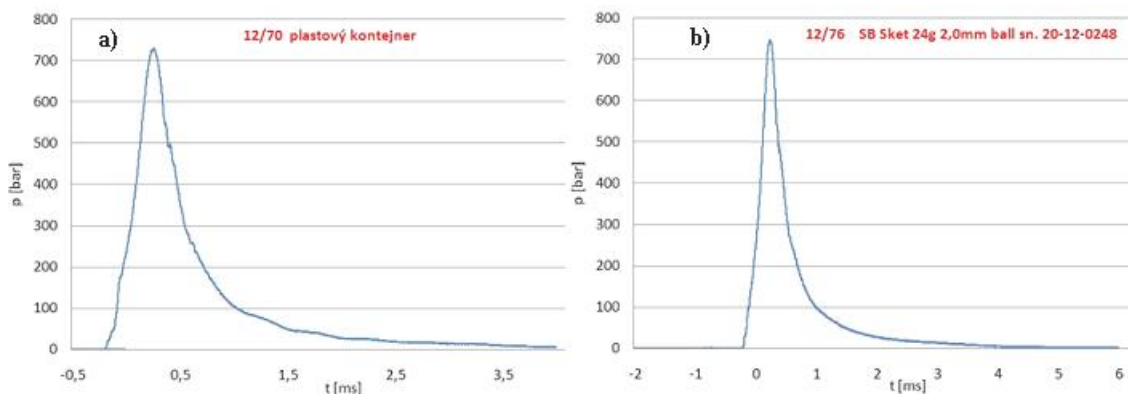
2. Podmínky zkušební střelby

Brokové hlavěně nabíjené zezadu, s délkou nábojové komory menší než 73 mm a určené na brokové náboje se zkoušejí dvěma výstřely na hlavěň náboji s olověnými broky nebo třemi náboji s ocelovými broky u zbraní, ve kterých se používají bezolovnaté broky. Rozměry, tvrdost broků a hmotnost brokové náplně udávají předpisy C. I. P. Tyto brokové náboje musí splňovat předepsané tlaky (nebo tlaky vyšší) na předepsaných místech hlavně.

Požadavky na zkoušení střelbou

Pro zkoušení zbraně střelbou (v některé literatuře uváděné jako tormentace) je předepsáno použití zkušebních (tormentačních) nábojů. Předmětem zkušební (tormentační) střelby je sledování, zda hlavěň vydrží bez poškození tlakové zatížení větší, než kterému je vystavena v průběhu svojí životnosti. Důležitou veličinou je pracovní tlak, kde hodnota pracovního tlaku zkušebních nábojů je u brokových hlavně stanovena normou ČSN 39 5020 [17] na hodnotu rovnající se 125% pracovního tlaku standardního náboje pro danou ráži. Další podmínky zkušební střelby, např. počet nábojů na jednu zkoušenou hlavěň udává vyhláška MPO č. 335/2004 Sb.

Jako názorné příklady jsou uvedeny grafické závislosti pracovních tlaků pro standardní náboje 12x70 mm a 12x76 mm (obr. 2.3.11), poskytnuté firmou Prototypa, s.r.o.



Obr. 2.3.11 Průběhy pracovních tlaků u nábojů: a) 12/70; b) 12/76 [16]

V normě ČSN 39 5020 je pro hlaveň ráže 12x70 uvedena hodnota maximálního pracovního tlaku standardního náboje 74 MPa (740 barů), zkušební náboj dosahuje tlaku 93 MPa (930 barů). Obdobně pro hlaveň ráže 12 x 76 je pracovní tlak standardních nábojů 105 MPa a zkušebních nábojů 132 MPa.

2.2.2 Požadavky technických norem

Broková hlaveň je hlavní součást brokové nebo kombinované zbraně. V následující kapitole jsou uvedeny všechny požadavky norem na konstrukci brokových hlavních s důrazem na jejich vývrt. Kromě uvedeného jsou zde zdůrazněny požadavky související s dalšími funkcemi hlavně uvnitř zbraně, např. požadavky na důležité rozměry montážních celků pokud je hlaveň jejich součástí.

V následující tabulce 3 je uveden přehled norem, které obsahují požadavky na brokové hlavně.

Tabulka 3 Přehled použitých norem

Označení normy	Název normy
ČSN 39 5003	Civilní palné zbraně – Všeobecné požadavky na konstrukci, výrobu a zkoušení
ČSN 39 5061	Zbraně pro civilní potřebu. Kontrolní referenční měřidla nábojových komor ručních palných zbraní.
ČSN 39 5020	Náboje a vývrtky hlavní – Rozměry, tlaky a energie
ČSN 25 3101	Hladké kalibry pro díry a hřídele. Technické předpisy
ČSN 25 3102	Kalibry hladké pro rozměry do 500 mm. Mezní úchytky
ČSN 39 5060	Zbraně pro civilní potřebu. Kontrolní referenční měřidla uzamykacích vŕlů ručních palných zbraní.

ČSN 39 5003 [11] je souhrnem všeobecných zásad pro konstrukci a výrobu civilních palných zbraní. Dále pak stanovuje základní technické požadavky nutné pro zajištění jejich bezpečného provozu.

ČSN 39 5061 [18] definuje rozměry referenčních ověřovacích měřidel určených pro kontrolu rozměrů všech částí nábojové komory a vodící části vývrtu brokové zbraně dané ráže.

ČSN 39 5020 [17] definuje pro náboje maximální vnější rozměry dále pak minimální rozměry nábojových komor, vývrtů hlavní a případně energie nábojů pro ruční palné zbraně společně s jejich pracovními tlaky.

ČSN 25 3101 [19] obsahuje ucelený soubor technických požadavků hladkých kalibrů pro díry a hřídele.

ČSN 25 3102 [20] je souhrnem hodnot mezních úchytek pro hladké kalibry do 500 mm

ČSN 39 5060 [21] definuje rozměry kontrolních referenčních měřidel, které jsou určeny pro kontrolu uzamykacích vŕlů civilních palných zbraní.



V následujícím textu jsou z výše uvedených norem shrnuty skupiny požadavků týkající se brokových hlavni.

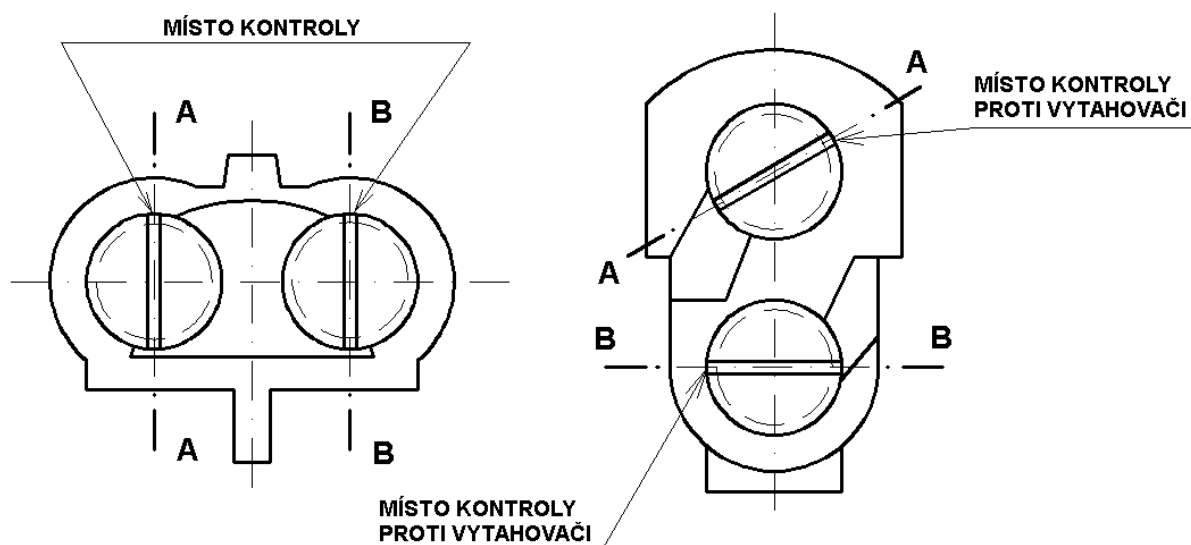
- Rozměrové parametry hlavni
- Balistické požadavky
- Požadavky na provoz
- Požadavky na bezpečnost
- Požadavky na vzhled vnějšího i vnitřního povrchu hlavně
- Požadavky na značení hlavni
- Požadavky na dokumentaci
- Požadavky na balení

Rozměrové parametry hlavni

Kontrola rozměrů vývrtu a nábojové komory brokových zbraní se provádí kontrolními referenčními kalibry podle ČSN 39 5061 [18]. Rozměry vývrtů a nábojových komor brokových zbraní lze rovněž určovat pomocí vhodného mechanického měřidla propojeného s mechanickým zařízením určeným k přímému čtení rozměru nebo s elektronickým převodníkem, to za předpokladu rovnocenné přesnosti. [11]

Měření rozměrů nábojové komory se týká všech částí, sedlem počínaje (viz. Kapitola 2.1 Termíny a definice) dále se pokračuje měřením počátečního průměru nábojové komory, prachového prostoru a přechodového kužele. Všechna tato měření jsou prováděna referenčními ověřovacími měřidly (dále pouze kalibry). Všechny zde uváděné kalibry jsou určeny pro ráži 12. [18]

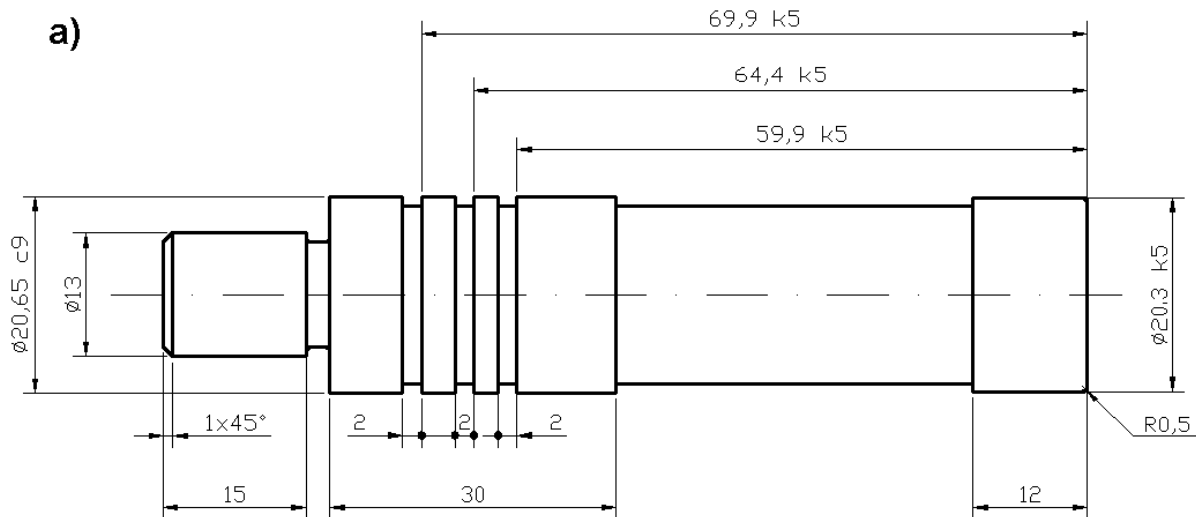
Pro dvojky (hlavně vedle sebe) a kozlice (hlavně nad sebou) je způsob kontroly hloubky sedla pro okraj nábojnice různý (obr. 2.2.4). Provádí se referenčním ověřovacím měřidlem (obr. 2.2.5). [18]



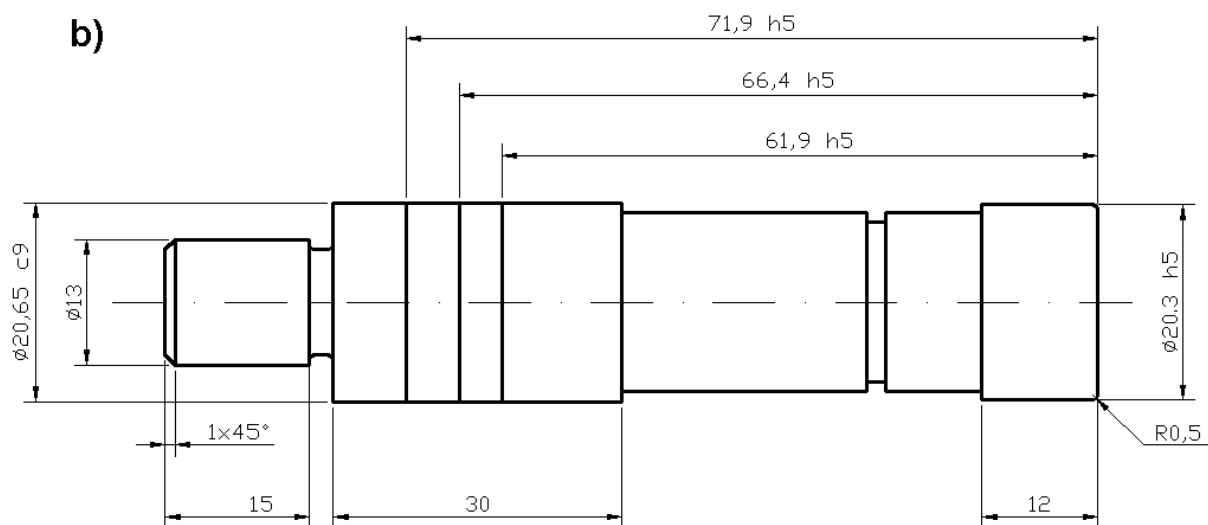
Obr. 2.2.4 Místa kontroly hloubky sedla pro: dvojku (vlevo), kozlici (vpravo);
(upraveno dle [18])



V navazující části nábojové komory, v prachovém prostoru, je kontrola realizována pomocí dvou kalibrů, kdy jeden kalibr slouží pro měření minimálního (obr. 2.2.7a) a druhý pro měření maximálního prachového prostoru (obr. 2.2.7b). [18]



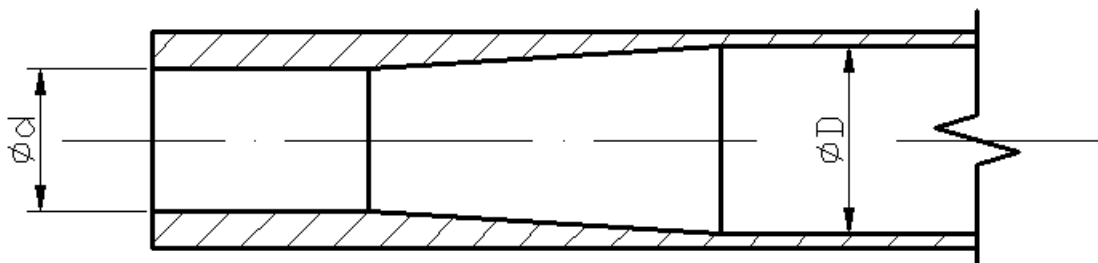
Obr. 2.2.7a Kalibr pro kontrolu minimálního prachového prostoru; (upraveno dle [18])



Obr. 2.2.7b Kalibr pro kontrolu maximálního prachového prostoru; (upraveno dle [18])



Velikost zahrdlení, která obecně mění krytí zbraně, je v normě [11] definována pomocí zúžení $D-d$ v mm. Zúžení $D-d$ představuje rozdíl mezi průměrem vývrtu D v místě jeho vodící části a průměru d v zahrdlené části (obr. 2.2.10). [11]



Obr. 2.2.10 Schéma klasického (pevného) zahrdlení [7]

Velikost (stupeň) zahrdlení, rozsah zúžení a příslušné požadované hodnoty krytí pro vybrané ráže jsou uvedeny v tabulce 4. [11]

Tabulka 4 Velikost zahrdlení, rozsahů zúžení a požadovaného krytí pro vybrané ráže [11]

Zúžení $D-d$ [mm] pro zahrdlení				
Ráže	1/1	3/4	1/2	1/4
12	0,90-1,10	0,70-0,89	0,50-0,69	0,25-0,49
20	0,78-0,95	0,60-0,77	0,43-0,56	0,22-0,42
410	0,50-0,62	0,39-0,50	0,28-0,39	0,14-0,27
	Minimální krytí [%]			
	65	60	55	50

Měření rozměru tloušťky stěny hlavně je prováděno pomocí vhodného tloušťkoměru s rozlišitelností lepší než $\pm 0,05$ mm. [11]

Uzamykací vůle je měřena pomocí kontrolních referenčních kalibrů podle ČSN 39 5060, kde jsou uvedeny i maximální hodnoty uzamykacích vůlí pro jednotlivé druhy zbraní. V této normě je stanovena i maximální velikost závěrové vůle mezi hlavní a lůžkem zbraní se sklopnými hlavními. Dále pak určuje způsob provádění kontroly velikosti závěrové vůle pomocí lístkových měrek. [11]

Kontrola plnění specifických požadavků hlavní je prováděna praktickou zkouškou, rozměrovou kontrolou nebo měřením podle postupů uvedených v kapitolách 5.10;5,11. Praktická zkouška zahrnuje i vizuální kontrolu vnějšího i vnitřního povrchu vývrtu. [11]



Balistické požadavky

Pro veškeré zkoušky provedené střelbou je nutné použít pouze zbraň, u které bylo provedeno ověření důležitých rozměrů (dle normy [17]) a zkušební střelba s vyhovujícím výsledkem, tj. zbraň, která je označena příslušnou zkušební značkou viz obr. 2.2.12 (upraveno dle [11]).

Balistické požadavky hromadných střel (broků) vystřelených z obou hlavní dvojky, jednohlavňové brokovnice, brokových hlavní kulobrokové kozlice, obojetnice i brokové hlavně trojáku se nemohou nacházet mimo čtverec o straně 20 cm, záměrný bod je umístěn v geometrickém středu čtverce, kde je délka střelby 35 m. [11]

Střední zásahy hromadných střel (broků) vystřelených z obou hlavní brokové kozlice se nesmí nacházet mimo obdélník o stranách 20 cm x 25 cm, záměrný bod je umístěn na jeho svislé ose souměrnosti a to 10 cm od dolní strany obdélníku, kde délka střelby je rovněž 35 m. [11]

Kontrolní střelba je prováděna u loveckých brokovnic, brokových hlavní kombinovaných zbraní a sportovních brokovnic třídy Trap na délku 35 m. Výjimkou jsou sportovní brokovnice pro třídu Skeet, kdy se střílí na délku 20 m. Při střelbě je možno uložit zbraň do upínacího přípravku, který nesmí neovlivňovat úhel zdvihu hlavně. Pro lovecké brokové hlavně jsou používány brokové náboje s broky o průměru 3,5 mm, pro brokovnice třídy Trap o průměru 2,5 mm a pro třídu Skeet o průměru 2 mm. Střílí se 5x jedna rána z každé hlavně na svislý terčový list o rozměrech 1m x 1m se záměrným kruhem o průměru 100 mm uprostřed terčového listu. [11]

Krytí zásahů K se zjišťuje z výsledků kontrolní střelby a provádí se následovně. Na každém terčovém listu se opíše kružnice o průměru 75 cm a 37,5 cm se středem ve středním zásahu. Po té se zjistí počet průstřelů zasahujících kruhy o průměru 75 cm (b_{75}), průměru 37,5 cm ($b_{37,5}$) a průměrný počet broků v nábojích použitých ke kontrolní střelbě (průměrný počet broků v 5 nábojích = b_n). [11]

$$\text{Krytí se vypočte dle vztahu: } K = \frac{b_{75}}{b_n} * 100 \text{ [%]} \quad (1)$$

Zjišťování hodnoty zhuštění zásahů Z je prováděno pomocí výpočtu z výsledků měření kontrolní střelby a vyjadřuje se jako poměr počtu zásahů v kruhu o průměru 37,5 cm a v mezikružích o průměru 75 cm a 37,5 cm. [11]

Zhuštění zásahů je bezrozměrné číslo, jehož hodnota pro zahrdlené hlavně má být $Z > 1$. V případě, že se u zahrdlené hlavně vyskytne ve skupině kontrolních ran 1x zhuštění zásahů menší než 1, nejsou výsledky této rány započteny a ránu je nutné nahradit. [11]

$$\text{Zhuštění zásahů se vypočte dle vztahu: } Z = \frac{b_{37,5}}{b_{75} - b_{37,5}} * 3 \text{ [-]} \quad (2)$$



Požadavky na provoz

Velikost spáry mezi kovovými částmi zbraně a pažbou musí být stejnoměrná a musí odpovídat technickým podmínkám pro daný výrobek.

U zbraní se sklopnými hlavními nesmí dojít k výskytu nadměrné vůle hlavní v lůžku při odejmutém předpažbí a při odsunuté kličce závěru.

Celistvost nábojové komory nesmí být narušena drápkem vytahovače nebo jiným způsobem a to do takové míry, aby při výstřelu nedocházelo k nadměrnému vyduťtí nebo proražení nábojnice. Celistvost nábojové komory je možné hodnotit podle procenta plochy, kterou vytahovač zaujímá z celkové plochy nábojové komory.

Odolnost v provozu proti působení tlaku prachových plynů při střelbě. Hlaveň musí trvale v celé svojí délce a po celou dobu svého technického života odolávat tlakům plynů, které vznikají při střelbě náboji, pro něž je zbraň konstruována.

Zkouška životnosti je prováděna střelbou z již vyzkoušených zbraní, přičemž počet ran na hlavěň je uveden v tabulce 5, pokud není v technických podmínkách zkoušené zbraně určen jiný počet ran. Zkouška životnosti brokové hlavní je pokládána za vyhovující, v případě, že nedojde po ukončení zkoušky k většímu opotřebení, než udává tabulka 5, přičemž hodnota krytí odpovídá tabulkově uvedené v kapitole 5.4 (5.5) normy [11] a sestřelení brokových hlavní odpovídá kapitole 13.1 normy [11]. [11]

Tabulka 5 Počty vystřelených nábojů a maximální opotřebení

Hlaveň	Střela	Počet ran	Max. přípustné opotřebení [mm]
broková	olověné broky	5000	0,02
	ocelové broky	2500	0,01

Požadavky na bezpečnost

Při zkoušení nesmí u odjištěné brokové zbraně s napnutým bicím ústrojím dojít k samovolnému spuštění volným pádem z výšky 1 metru na prkno z měkkého dřeva, kdy je výška měřena od botky pažby. Zbraň se spouští svisle botkou k dopadové ploše. [11]

Požadavky na vzhled vnějšího i vnitřního povrchu hlavní

Vnější povrch je kontrolován vizuálně, zde je možno ve sporných případech použít lupy. Pro kontrolu vývrtu je používán endoskop (boroskop) s rozsahem zvětšení 2-10x. [22]

Povrch vývrtu i nábojové komory musí být prostý povrchových nedokonalostí, kterými jsou rýhy nebo jiná mechanická poškození či jinými vadami viditelnými pouhým okem. Podmínkou pro tuto kontrolu je dostatečně vyleštěný vývrt hlavní. [11]

Požadavky na značení hlavní

Označení a nápisy na zbrani musí být provedeny čistě a stejnoměrně se stejnou hloubkou písma. Výrobce nebo dovozce je povinen opatřit střelné zbraně svým názvem či známkou, výrobním číslem a označením ráže použitelného střeliva. Tovární a jiné emblémy musí být vsazeny bez viditelné spáry. [11]

Všechny rozměry nábojových komor brokových hlavní a to včetně jejich tolerancí musí odpovídat ČSN 39 5020 [17]. Hodnota jmenovitého průměru průchozího kalibru zaokrouhlená na 0,1 mm musí být vyražena na příslušnou hlaveň (obr. 2.3.12). [11]



Obr. 2.3.12 Hodnota jmenovitého průměru průchozího kalibru 18,4 mm vyražena výrobcem; dále jsou na obrázku patrné vyražené zkušební značky Francouzské republiky viz. Legenda

Legenda:

- (1) Dokončené hlavně – obyčejná zkouška;
- (2) Dokončené palné zbraně – obyčejná zkouška bezdýmným prachem;
- (3) Poslední dvojčíslí roku, ve kterém byly zkoušky uskutečněny.

Požadavky na dokumentaci


Ke každé brokové zbrani musí být dodána průvodní dokumentace, která musí obsahovat níže uvedené náležitosti:

- a) Návod k použití obsahující: označení výrobce, typové označení zbraně, ráži zbraně, popis zbraně, celkovou délku zbraně, délku hlavně, hmotnost zbraně, délku záměrné u zbraní s drážkovaným vývrtem, pokyny pro údržbu, vyobrazení a seznam součástí.
- b) Záruční list včetně uvedení záručních a servisních podmínek.
- c) Nástřelku nebo případně jiný údaj či dokument vyjadřující krytí brokové zbraně.

Průvodní dokumentace u dovážených zbraní musí odpovídat normě ČSN 39 5003 a musí být v českém jazyce, všechny použité jednotky (míry, váhy) musí odpovídat ČSN ISO 31-0. [11]

Požadavky na balení

Obal na brokovou zbraň musí splňovat následující: snést podmínky při překládce, zabránit volnému pohybu zbraně, být zajištěn proti samovolnému otevření a zajistit ochranu průvodní dokumentace proti znečištění. [11]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 33
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

2.3 Výrobní proces hlavně

Proces výroby hlavně je tvořen přibližně z 50 - ti na sebe navazujících operací. S ohledem na zadání této diplomové práce, ale budou v následující části objasněny vybrané operace:

1. Volba materiálu a jeho objednávka dle technických podmínek
2. Kontrolní zkoušky dodaného materiálu
3. Řezání tyče, Soustružení konců tyče pro upnutí
4. Vyvtání dlouhého otvoru a rovnání hlavně
5. Soustružení vnějšího povrchu a rovnání hlavně
6. Vystružení dlouhého otvoru
7. Kování za studena
8. Vizualní kontrola vnitřního povrchu a rovnání hlavně
9. Soustružení vnějšího tvaru hlavně
10. Vystružení nábojové komory
11. Leštění vývrtu

2.3.1 Volba materiálu a jeho objednávka dle technických podmínek

Volba materiálu je prvním logickým krokem při výrobě hlavně. Důležitou roli zde hraje mnoho faktorů. Mezi tyto faktory patří například typ zbraně, jejíž součástí bude hlavně. To umožňuje získat rámcovou představu o tom jak může být namáhána při provozu. Dále jsou to její provozní podmínky a v neposlední řadě zcela určité technologie, kterými bude zbraň vyráběna. [8]

V tomto konkrétním případě se jedná o volbu materiálu 15 142. Ten se jeví optimální jak pro potřeby celého výrobního procesu, tak pro provoz hotové brokové hlavně.

Zajištění plynulých dodávek zmíněného materiálu v požadované kvalitě je brněnskou zbrojovkou realizováno dokumentem „*Technické dodací podmínky pro dodávky tyčové oceli označené 15 142, válcované za tepla (kalené a vysoko popuštěné) na výrobu hlavně*“. viz. Příloha č. 1. V tomto dokumentu jsou uvedeny všechny náležitosti i požadované vlastnosti, které se materiálu týkají. Vše od označení až po dodací podmínky konče.

2.3.2 Kontrolní zkoušky materiálu

Vstupní kontrola materiálu je pro proces výroby nepostradatelná. Zajišťuje, aby do výrobního procesu nevstupoval materiál nesplňující po stránce kvality všechny nutné požadavky.

Pro zjišťování stupně plnění daných požadavků se provádí kontrolní zkoušky materiálu. Tyto zkoušky se provádějí podle stanovených postupů a v rozsahu, který udává dokument: „*Technické dodací podmínky pro dodávky tyčové oceli označené 15 142, válcované za tepla (kalené a vysoko popuštěné) na výrobu hlavně*“. Část výše zmíněného dokumentu se zabývá zkoušením materiálu a je přímo provázána s částí určující technické požadavky na materiál.

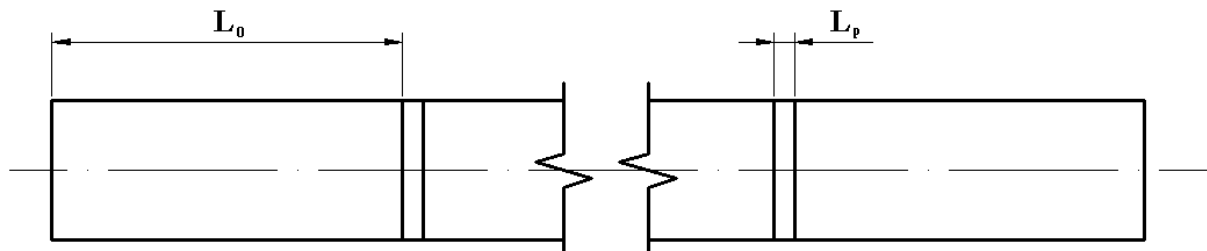
Souhrn zkoušek a jejich návaznosti na technických požadavcích materiálu je uveden v příloze č. 2.



2.3.3 Příprava polotovaru pro vrtání

Obecně vychází příprava polotovaru z typu hlavně, na jejíž výrobu je polotovar určen. V případě brokové hlavně přicházejí v úvahu dva možné typy polotovaru. Buďto výkovek ve tvaru tyče o kruhovém průřezu nebo válcovaná tyčovina rovněž kruhového průřezu. Avšak u obou typů polotovaru je nutností dodržet předepsaný postupem tepelného zpracování pro docílení požadovaných mechanických vlastností, protože ovlivňují i následující technologické operace.

Ve fázi přípravy je posledním krokem dělení materiálu (obr. 2.3.1) na požadovanou velikost, kdy je nutné do velikosti (přířezu) polotovaru zahrnout přídavky na obrábění. Poslední operací je osoustružení konců polotovaru (přířezu), v jehož průběhu jsou upraveny pro upnutí ve vrtacím stroji. [8]



Obr. 2.3.1 Dělení materiálu; L_0 - délka přířezu včetně přídavků na obrábění čel, L_p - tzv. prořez, ten je roven největší šířce rezného nástroje (např. pilového listu)

2.3.4 Vyvrtání dlouhého otvoru a rovnání hlavně

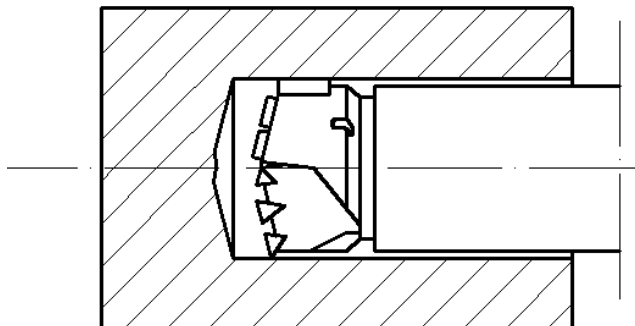
Technologie vrtání dlouhých otvorů, má většinu základních teoretických poznatků shodných s technologií vrtání běžných otvorů. I přes příbuznost obou technologií má vrtání dlouhých otvorů mnoho dalších specifík, kterým jej lze od běžného vrtání odlišit jako samostatnou technologickou oblast. [8]

Samotné vrtání hlubokých otvorů lze charakterizovat velkým úběrem materiálu a vysokou přesností vztaženou k přímosti otvoru, rozměrovým tolerancím a drsnosti povrchu. Vrtání hlubokých otvorů není používáno pouze pro výrobu hlavně. S vrtáním hlubokých otvorů je možné se setkat i v jiných odvětvích průmyslu, tedy všude, kde jsou kladeny vysoké požadavky na kvalitu, rozměry a geometrii obrobeného otvoru. [8]

Technický termín „dlouhý otvor“ se používá pro otvory s velkou hloubkou v poměru k průměru vrtaného otvoru, kde se hodnoty poměru $L:D$ pohybují v rozmezí 1:10 – 1:100 výjimečně i více. [8]

Velké hloubky (délky) vrtaných otvorů kladou zvýšené požadavky na použité nástroje, technologické podmínky, stroje, na způsob mazání, tvorbu a odvod třísky z místa řezu. [8]

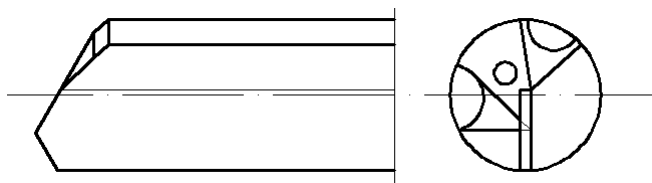
Pro vrtání hlubokých otvorů se používají tři metody, nicméně pro výrobu brokových hlavně se používá metoda vrtání do plného materiálu (obr. 2.3.2), která je nejčastěji používanou metodou pro malé průměry. [8]



Obr. 2.3.2 Metoda vrtání otvorů do plného materiálu, (upraveno dle [8])

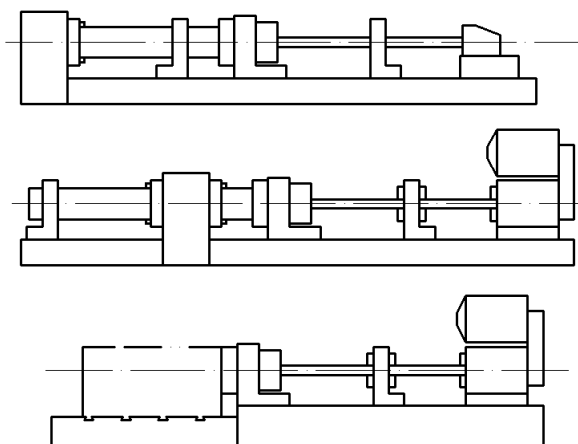
Pro vrtání hlubokých otvorů je běžně používáno několik typů nástrojů – vrtáků. V této kapitole bude uveden pouze hlavňový vrták. Důvodem je jeho využití při vrtání otvoru budoucího vývrtu u obou vzorků brokových hlavni

Hlavňový vrták (obr. 2.3.3) lze popsat jako přesný nástroj pro vrtání hlubokých otvorů v rozsahu průměru 1,95 - 50 mm. Skládá se z vrtací hlavy tvořené z nástrojové oceli - v případě, že vrták je proveden jako monolitický, ze slinutého karbidu (SK) nebo s připájenou destičkou z SK. Samotná vrtací hlava je pak připájena k držáku - trubce s podélnou drážkou ve tvaru písmene V a úhlem 110°, sloužící pro odvod třísek. [8]



Obr. 2.3.3 Hlavňový vrták, (upraveno dle [8])

Obráběcí stroje používané pro vrtání hlubokých otvorů mohou být dvojího typu. Speciální určené pro vrtání a operace s nimi spojené nebo podobné a univerzální stroje (například soustruh) upravené pomocí zvláštního příslušenství pro vrtací operaci. V konstrukci těchto obráběcích strojů lze rozlišit tři kinematické varianty (obr. 2.3.4): rotace součásti, rotace obrobku, anebo rotující součást i obrobek. Ze všech variant, ale dosahuje nejvyšší přesnosti poslední uvedená. [8]



Obr. 2.3.4 Kinematické varianty konstrukcí obráběcích strojů, (upraveno dle [8])

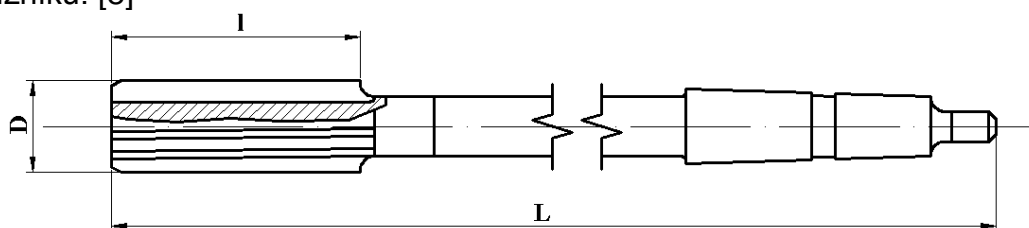


Rovnění, které následuje bezprostředně po vrtání, má dvojitý charakter. V první řadě slouží jako kontrolní mechanismus, v jehož průběhu se kontroluje geometrie otvoru a v druhé řadě slouží jako korekční mechanismus, kdy se odstraňují velké odchylky od požadované geometrie otvoru. Zejména se jedná o odstranění odchylek přímosti.

2.3.5 Vystružení dlouhého otvoru

Vystružování je dokončovací operací při výrobě dlouhých otvorů. Používá se za účelem zlepšení geometrického tvaru otvoru, zejména kuželovitosti a kruhovitosti. Dalším důvodem je zmenšení přídatku materiálu, a tím i snížení pracnosti honování. [8]

V případě vystružování otvoru budoucího vývrtu u brokových hlavní se používají klasické výstružníky s prodlouženou stopkou. Výstružník (obr. 2.3.5), který má zajistit co nejlepší tvarovou přesnost musí mít buďto nestejně rozteče jednotlivých břitů nebo případně lichý počet břitů. Vystružování pak probíhá v případě malých hlavní na jeden záběr u větších pak na více záběrů. Při posledním záběru výstružníku je nutné provést pro zachování přesnosti otvoru metodou taženého výstružníku. [8]



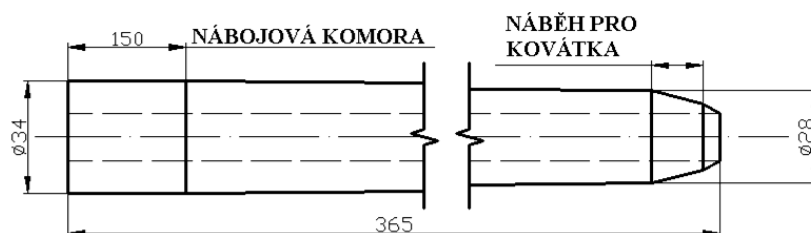
Obr. 2.3.5 Výstružník, (upraveno dle [23]); D - jmenovitý průměr, l - délka zubů, L - celková délka

Kinematika vystružování se volí podle dostupných strojů a možnosti jsou stejné jako u vrtání. Samotné vystružování je možné jako vrtání provádět buď na specializovaných strojích – vystružovačkách nebo na strojích pro vrtání. [8]

2.3.6 Soustružení vnějšího povrchu a rovnání hlavně

Jedná o běžné soustružení, které je ve strojírenské praxi notoricky známé. V případě výrobního procesu je operace soustružení vnějšího povrchu zařazena jako jedna z přípravných, které předcházejí kování za studena. Cílem této operace je upravit vnější tvar hlavně do následujícího tvaru (obr. 2.3.6).

V průběhu těchto úprav je vytvořena na krajní části upínací plocha pro čelisti kovacího stroje. Střední část vnějšího povrchu je opatřena mírným kuzelem a koncová část stupňovitým kuzelem, který slouží jako náběh pro kovací kladiva (kovátka). [8]



Obr. 2.3.6 Vnější tvar hlavně – polotovar pro kování, (upraveno dle [8])



2.3.7 Kování za studena

Podstatou procesu kování za studena je deformace materiálu působením vnějších sil bez předchozího ohřevu, v jehož průběhu dochází ke změnám (posunům) v krystalické mřížce (posuvu částic). V případě, že je změna (posun) větší než jeden parametr dojde ke změně elastické deformace na deformaci plastickou. Ke změnám (posuvům) v krystalické mřížce dochází skluzem v takzvaných kluzných rovinách. Vzniku plastické deformace také napomáhají nedokonalosti krystalické mřížky například vakance, dislokace. [24]

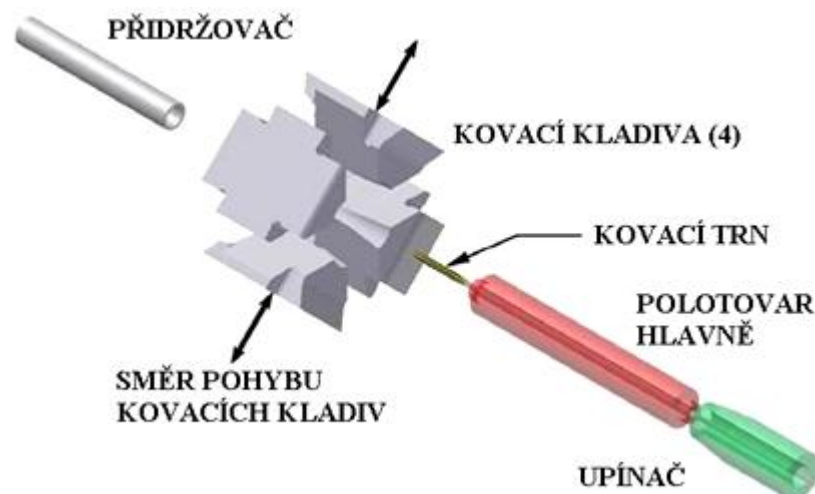
Technologie

V tuzemské odborné literatuře se bylo dříve setkat pouze s jedním technickým termínem „rotační kování“, který shrnoval technologie kování hlavní. Avšak na základě odborného článku [25] lze rozeznat dvě odlišné technologie kování hlavní. Dále bude popsána pouze jedna z nich. Důvodem je její využití při výrobě polotovarů brokových hlavní, ze kterých byly odebrány vzorky pro měření.

Radiální kování

V průběhu kování provádí obrobek (budoucí hlavěň) rotační pohyb společně s kovací trnem. Kovací kladiva (kovátka) dostředivě kmitají frekvencí 1000-1600 kmitů za minutu (skutečná frekvence kmitů se liší podle konkrétního stroje) při 2-5 mm zdvihu (obr. 2.3.7).

Tato technologie byla vyvinuta v průběhu 2. světové války. Po válce byla používána rakouskou firmou GFM (Gesellschaft Für Fertigungstechnik und Maschinenbau in Steyr), jejíž první stroj pro komerční kování hlavní opustil brány výrobního závodu kolem roku 1950. [25]



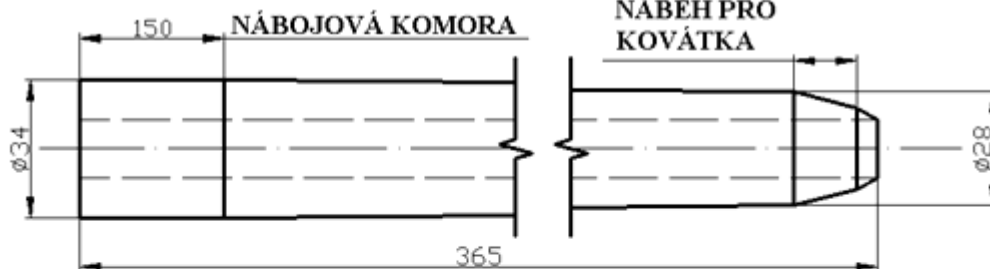
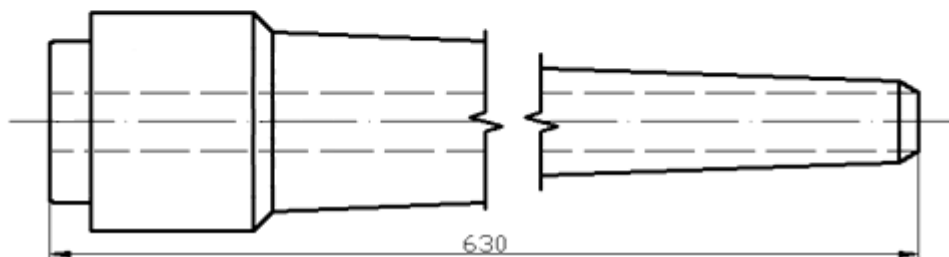
Obr. 2.3.7 Radiální kování GMF [25]

Výchozí polotovar hlavěň má tvar trubky s opracovaným vnějším i vnitřním povrchem. Její vnější tvar je volen tak, aby se stupeň deformace po celé délce hlavěň nijak významně nelišil od požadované hodnoty. Podle vnějšího rozměru (průměru) budoucí hlavěň se provede kování obvykle čtyřmi kovacími kladivy na kovací trnu. Funkční plocha vývrtu bývá zpravidla vyrobena v takové kvalitě, že nevyžaduje dalšího opracování (leštění). [8]



Postup kování hlavně

Samotné kování hlavně probíhá následovně. Polotovar (budoucí hlaveň) se upne do čelistí a zasune se do něj kovací trn. Do prostoru mezi kovátka se vsune zkosený tvar polotovaru tedy budoucí ústí hlavně s vloženou přední částí trnu. Synchronizovanými pohyby kovátek (kovacích kladiv) s danou frekvencí úderů je postupně celá hlaveň na trnu překována, při tom současně dochází k postupnému souhlasnému posuvu polotovaru hlavně a kovacího trnu do záběru kovátek. Současně se zmíněným posuvem dochází k mírnému rozevírání kovátek což dává hlavni její charakteristický vnější kuželovitý tvar (obr. 2.3.8). [8]

POLOTOVAR
PRO KOVÁNÍTVAR HLAVNĚ
PO KOVÁNÍ

Obr. 2.3.8 Tvary hlavně a polotovaru – kování bez nábojové komory - stroj GFM, (upraveno dle [8])

Tímto způsobem vyrobená hlaveň má řadu předností oproti hlavním vyrobených příbuznými nebo odlišnými metodami. Nejvýznamnějšími přednostmi jsou - zlepšení mechanických vlastností, dosažení vyšší přesnosti při lepším využití hlavňového materiálu a krátké výrobní časy – vykování hlavně zabere dle typu 3-4 minuty. [8,24]

Nástroje

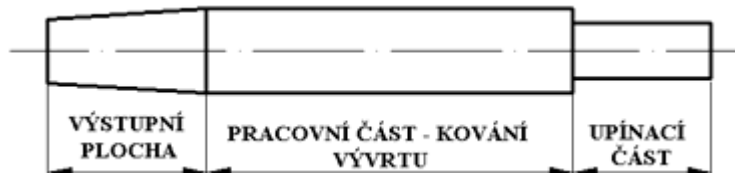
Tvar povrchu kovacího trnu má negativní tvar budoucího vývrtu (místo drážek výstupky) nebo je jeho pracovní část hladká v případě, že je určen pro výrobu brokových hlavní.

Vzhledem k zatížení, kterému je kovací trn v průběhu kování vystavován, je nutné vyrobit jej co nejpřesněji s minimálními tolerancemi tvaru a rozměrů. Důležitým požadavkem je i tvarová stálost ovlivňovaná oteřuvzdorností materiálu, ze kterého je kovací trn vyroben. S tím úzce souvisí i životnost kovacího trnu, aby bylo možné dostát těmto požadavkům, kovací trny jsou vyráběny ze slinutých karbidů (tvrdokovy). [8]

V praxi se vyskytují dva hlavní typy kovacích trnů odlišující se pouze přítomností části sloužící pro kování nábojové komory. V případě kování polotovaru

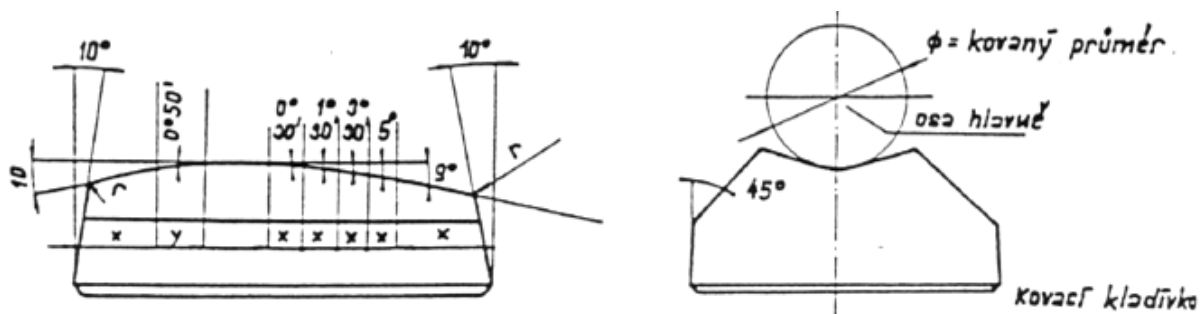


brokových hlavních, z nichž byly odebrány vzorky pro měření, byl při kování použit kovací trn bez nábojové komory (obr. 2.3.9).



Obr. 2.3.9 Kovací trn bez nábojové komory

Požadavky na kovací kladiva (dále jen kovátko) jsou velmi podobné jako pro jiné nástroje sloužící k objemovému tváření, proto se stejně jako kovací trny vyrábějí ze slinutých karbidů. Tvar kovátek používaných na strojích firmy GFM je na (obr. 2.3.10) z něj je dobře patrné, že se pracovní plocha kovátko skládá ze tří částí. První je takzvaná vstupní plocha, kde se odehrává proces přetváření materiálu, druhá kalibrační část slouží ke kalibraci výsledného rozměru, která přispívá ke zlepšení kvality vnějšího povrchu hlavně, poslední částí je výstupní plocha, jejíž tvar ovlivňuje relaxace materiálu. [8]



Obr. 2.3.10 Tvar a rozměry pracovní plochy kovátko [8]

2.3.8 Vizuální kontrola vývrtu a rovnání hlavně

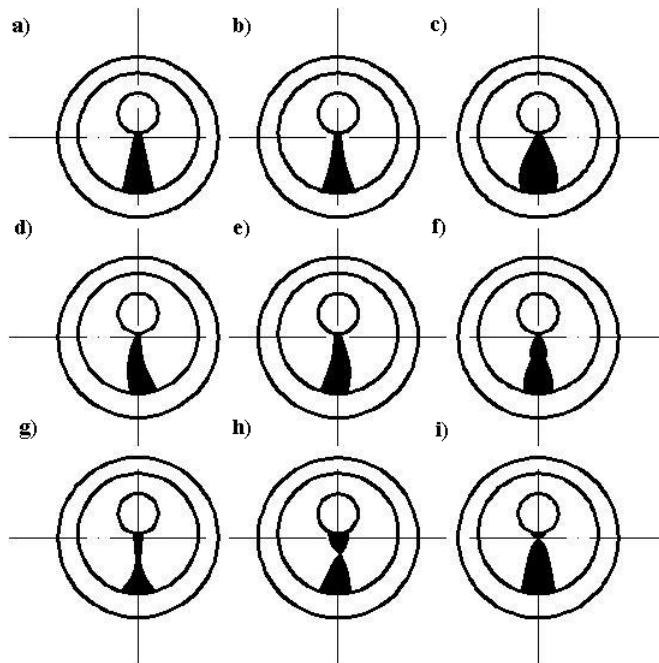
V průběhu vizuální kontroly hlavně je zaměřena pozornost na celkový stav vnitřního povrchu. Tedy na odhalení možných defektů jakými mohou být rýhy nebo škrábance po předchozím obrábění či potenciální trhliny vzniknuvší v průběhu samotného kování.

Předmětem této kontroly je i celková geometrie vývrtu. Zde se používá metody rovnání podle stínu, která je nejen metodou kontrolní, ale i korekční (nápravnou). Tato metoda je založena na stínovém efektu, který vzniká při nasměrování hlavně na stínítko umístěné mezi světelný zdroj a hlaveň. Podle specifického tvaru stínu je možné zjistit lokaci a charakter ohybu hlavně. [26]

Při kontrole se postupuje následovně. Zadní konec hlavně umístíme ve vzdálenosti 5-7cm od oka a zároveň soustředíme pohled na spodní část povrchu vývrtu. Tvar stínu je rozhodující pro posouzení geometrie vývrtu, a tedy i hlavně, zejména její přímosti. Při zvýraznění tvaru stínu je třeba hlaveň navést do takové polohy vzhledem ke stínítku tak, aby byl vidět plný kruh přední strany hlavně. Zároveň se vrchol trojúhelníkového stínu musí dotýkat kruhu ve spodní části. Následovným lehkým otáčením hlavně vyrovnáme stín, aby dosáhl symetrického tvaru. Tento tvar si zapamatujeme a dále pootočíme hlaveň o 180°, o 90° a opět o 180° a porovnáme zjištěné obrazy stínu. [26]



Lokace a charakter ohybu hlavně lze určit srovnáním stínů pozorovaných v hlavni se vzory, z nichž některé jsou vybrány a uvedeny na (obr. 2.3.11). [26]



Obr. 2.3.11 Rovnání hlavně podle stínu [26]

a) rovná hlaveň; b) ohyb s vrcholem ve spodní části hlavně; c) ohyb s vrcholem v horní části hlavně; d) ohyb s vrcholem vpravo; e) ohyb s vrcholem vlevo; f) ostrý ohyb s vrcholem v $\frac{1}{4}$ délky hlavně; g) rovná broková hlaveň se zahrdením; h) broková hlaveň - jednostranný úběr materiálu před zahrdením; i) broková hlaveň - vydutí před zahrdením

Po otočení hlavně, zkontrolujeme identickým způsobem její druhou polovinu. Případné zjištěné odchylky v přímosti hlavně lze vyrovnat na rovnacím lisu, ve kterém bývá hlaveň v průběhu kontroly přímosti obvykle uložena. Deformovaná část hlavně se umístí mezi tři podpěry rovnacího lisu. Rovnač hlavně ovládá řídicím elementem sílu působící na tyto podpěry a snaží se stínový obrazec upravit tak, aby odpovídal rovné hlavni. Rovnání hlavně praktikované touto metodou vyžaduje od pracovníka, bohaté zkušenosti, manuální zručnost a dobrý zrak. [26]

Pomocí této metody je možné kontrolovat hlavně se zrcadlovým vývrtem – tedy vyleštěné nebo honované a lze ji provádět jak pro hlavně s hladkým vývrtem tak pro hlavně vrtané. [8,26]

2.3.9 Soustružení vnějšího tvaru hlavně

I v tomto případě se jedná o běžné soustružení, které je ve strojírenské praxi notoricky známé. V případě výrobního procesu je tato operace soustružení zařazena jako jedna z dokončovacích. Cílem je upravit vnější tvar hlavně tak, aby co nejvíce odpovídal tvaru finálnímu. V průběhu soustružení dochází k odstranění stop od kovacího kladiva a upínacích na upínacích plochách.

2.3.10 Výroba vnitřních kuželových a tvarových ploch

Pod pojmem výroba vnitřních kuželových a tvarových ploch se v tomto případě skrývají obráběcí operace, v jejichž průběhu vzniká nábojová komora.



Nejprve se nábojová komora vyhrubuje plovoucím tvarovým výhrubníkem (obr. 2.3.12), ten vytvoří osazení (sedlo) i kuželové přechody (prachový prostor, přechodový kužel). Přídavky na vyhrubování se pohybují řádově v jednotkách milimetru v závislosti na průměru hlavně.

Dokončení nábojové komory je provedeno vystružením pomocí sady plovoucích tvarových výstružníků (obr. 2.3.12) na komorovém soustruhu (obr. 2.3.13). Konstrukce nástroje musí zajistit zlepšení rozměrové a tvarové přesnosti nábojové komory. Zpravidla tak výstružníky mají lichý počet břitů nebo sudý počet břitů s nestejnými roztečemi.



Obr. 2.3.12 Sada tvarových výhrubníků a výstružníků pro výrobu nábojové komory



Obr. 2.3.13 Komorový soustruh



2.3.11 Leštění vývrtu

Leštění představuje poslední operaci ve výrobě brokové hlavně. Provádí se až po spájení hlavní do hlavňových svazků a to jak brokových tak kombinovaných. Důvodem je odstranění oxidační vrstvy, která ve vývrtu vzniká v průběhu pájení. Při vizuální kontrole vývrtu hlavně se tato vrstva jeví jako zrnka krupice pokrývající celou plochu vývrtu.

Samotné leštění se provádí u brokových hlavní ve dvou krocích. V prvním kroku je leštění prováděno smirkováním, kdy se tato činnost provádí na specializovaném stroji (obr. 2.3.14).



Obr. 2.3.14 Leštění - smirkování

Na tvarový nástroj upnutý do upínače se připevní smirkové plátno. Do lůžka (obr. 2.3.14) vlevo dole je vložen (upnut) hlavňový svazek. Po spuštění stroje je rotující nástroj se smirkovým plátnem postupně zaveden do vývrtu a přímočarým vratným pohybem se odstraní již zmíněná oxidační vrstva. [8]

Druhý krok je obdobný jako první jen s rozdílem, že smirkové plátno je nahrazeno plstí, na které je nanesen leštící přípravek. Po leštění je hlavňový svazek dokončen a připraven pro konečnou montáž do zbraně i pro následné zkoušení.

Uvedení stručného popisu výrobního procesu brokové hlavně v diplomové práci mělo tyto důvody.

Prvním byla snaha názorně ilustrovat postupné plnění jednotlivých skupin požadavků prezentujících kvalitu brokové hlavně. K čemuž postupně docházelo v průběhu jednotlivých etap celého výrobního procesu.

Druhým důvodem byl záměr diplomové práce, kterým bylo hodnotit stav vývrtu obou získaných vzorků po kování. V jeho průběhu totiž docházelo k plnění jednotlivých požadavků na kvalitu vývrtu, mezi které patřil i požadavek na parametry drsnosti, jehož měřením a vyhodnocováním se zabývají následující kapitoly.



3 PŘÍPRAVA MĚŘENÍ A JEHO METODIKA

První část této kapitoly se věnuje detailnímu popisu přípravných prací, které bylo nutné provést u obou vzorků, aby byla zajištěna přístupnost zájmových ploch pro potřeby bezkontaktní metody měření. Součástí kapitoly je rovněž popis použitého systému pro označování jednotlivých částí obou vzorků.

Druhá část kapitoly je rozdělena na dvě části, kde každá z nich pojednává o konkrétní použité měřicí metodě a principu, na kterém je založena. Dále pak představuje pro danou metodu použitý přístroj a jeho příslušenství. Tento stručný přehled je doplněn výčtem schopností použitého přístroje, k nimž patří například rozlišovací schopnost. Závěr kapitoly vysvětluje detailní postup měření určený pro použitý měřicí přístroj.

3.1 Příprava vzorku

Měření předcházely přípravné práce. V případě získaných vzorků (hlavní) ze ZB bylo v první řadě oddělení zájmových částí (vzorků) z polotovarů hlavní, kde se nacházely přechody z kovaných ploch do ploch nekovaných.

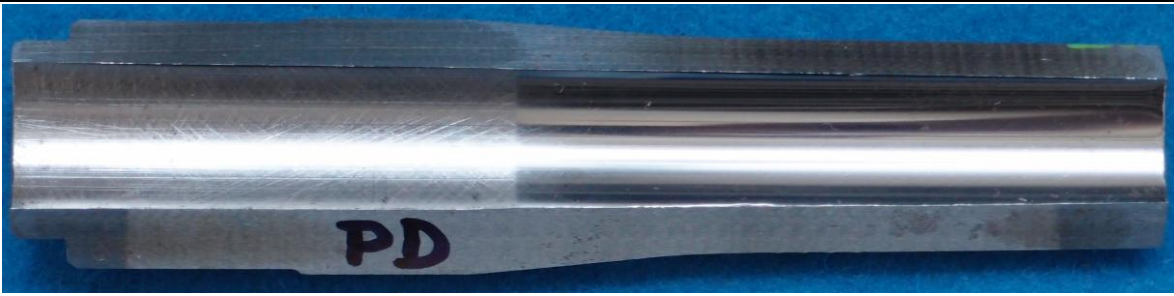
Druhým krokem bylo zpřístupnění zájmových ploch. To si vyžádalo rozříznutí obou vzorků v podélném směru na poloviny (obr. 3.1.1) a následně rozříznutí jedné z polovin na čtvrtiny - opět v podélném směru. Posléze bylo přikročeno k začištění ploch řezů a sražení hran z důvodu lepší manipulace s částmi obou vzorků v laboratorních podmínkách.



Obr. 3.1.1 Dělení vzorku na horizontální frézce

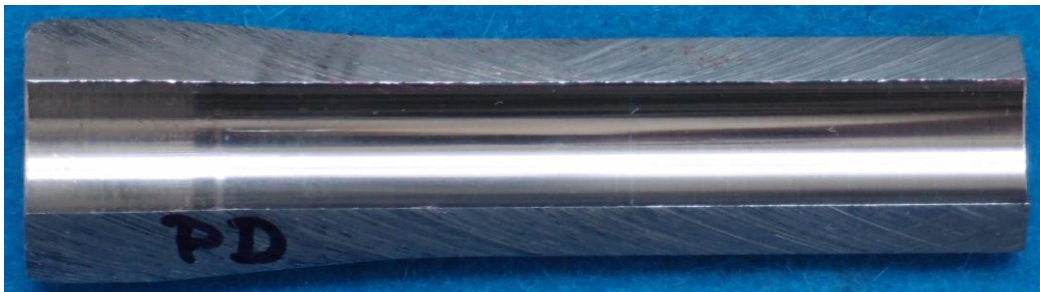
Zmíněné rozdělení polotovarů hlavní na více částí si vynutilo označení každé části vzorku. Pro značení byla použita jednotlivá písmena nebo jejich kombinace.

Vzorek č. 1 byl označen následovně. Polovina vzorku je označena písmenem H (horní polovina), zbylé čtvrtiny potom písmeny LD (levá dolní) a PD (pravá dolní). Pro měření byla použita pouze část vzorku nesoucí označení PD (obr. 3.1.2).



Obr. 3.1.2 Část vzorku č. 1 použitá pro měření

Vzorek č. 2 byl označen obdobně jako vzorek č. 1. Pro měření byla použita stejně jako v případě vzorku č. 1 pouze část nesoucí označení PD (obr. 3.1.3).



Obr. 3.1.3 Část vzorku č. 2 použitá pro měření

3.2 Měřicí metody a přístroje

Vzhledem k povaze použitých měřících metod je nejvhodnějším řešením uvedení principů, na kterých tyto metody stojí. V následujícím kroku jsou uvedeny konkrétní přístroje, které tyto metody využívají. V návaznosti na ně uvádí konkrétní postupy určené pro samotné měření.

3.2.1 Bezkontaktní měřicí metody a přístroje

Pro bezkontaktní měření textury vývrtnu byl vybrán bezdotykový 3D optický profilometr Talysurf CCI Lite (obr. 3.2.1) od firmy Taylor Hobson vybavený 20x objektivem typu Mirau na němž byla provedena všechna měření. Součástí přístroje je PC vybavený stejnojmenným programem sloužící pro ovládání přístroje i pro provádění samotného měření. Součástí programového vybavení je také program pro případnou úpravu a vyhodnocování výstupů z měřícího programu, kterými jsou 3D modely textury povrchu. Technické parametry přístroje jsou uvedeny v příloze č. 3.

Bezdotykový 3D optický profilometr Talysurf CCI Lite patří k profilometrům, které pracují na principu WLSI (White Light Scanning Interferometry) [27]. Od ostatních přístrojů ve své třídě se odlišuje sofistikovanějším způsobem zpracování interferenčního signálu, který se nazývá koherenční korelační interferometrie (CCI – Coherence Correlation Interferometry). Tento způsob spočívá v numerické korelaci změřeného interferenčního průběhu (interferogramu) s průběhem (interferogramem) předpokládaným. V průběhu této operace se potlačí nekoherentní složky interferenčních signálů (šum jakéhokoliv původu) obdobným způsobem, jako při zvýšení selektivity v případě použití laděného elektronického obvodu. Výhody tohoto řešení jsou zejména následující:



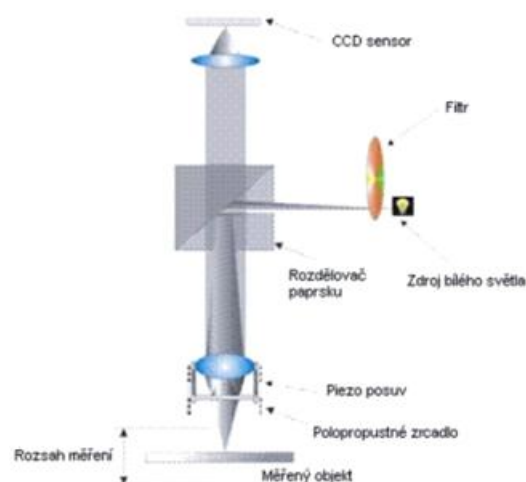
- vertikální rozlišení ($0,01 \text{ nm} = 0,1 \text{ \AA}$) v celém rozsahu skenu $2,2 \text{ mm}$ při použití jediného provozního módu
- hladina šumového pozadí ($0,08 \text{ nm} = 0,8 \text{ \AA}$)
- vertikální opakovatelnost ($0,02 \text{ nm} = 0,2 \text{ \AA}$)
- z důvodu velkého potlačení šumu bylo možné obvykle drahý a křehký piezoscener nahradit robustním přesným přímočarým vedením s délkou 100 mm osazený pravítkem s roztečí čar 4 \mu m , kde je skenovací rozsah omezený pouze maximální velikostí datových souborů. [28]



Obr. 3.2.1 Talysurf CCI Lite [31]

Princip měřící metody

Přístroj využívá pro měření optickou bezkontaktní metodu CCI (coherence correlation interferometry - koherentní korelační interferometrie). Princip metody je ilustrován na (obr. 3.2.2).



Obr. 3.2.2 Schéma systému měřícího přístroje Talysurf CCI [29]



Světlo ze zdroje je horním rozdělovačem paprsku usměrněno do objektivu. V dolním rozdělovači v sestavě objektivu je světlo rozděleno na dva samostatné svazky. První z nich se nasměruje na povrch měřeného objektivu a druhý je přiveden na vnitřní referenční zrcadlo. V okamžiku kdy se oba světelné svazky opět potkají, jsou současně přivedeny do detektoru. V případě, že jsou optické délky paprsků – ke vzorku a referenční – identické, vznikne interference. Při skenování objektivu interferometru v ose Z je detektorem měřena intenzita vzniklých interferencí. V průběhu měření povrchu tak detektor vytvoří sérii map intenzity světla odraženého od měřeného povrchu. Získané mapy intenzity světla jsou potom základem pro vygenerování 3D modelu měřeného povrchu. [29]

Postup měření

Měřenou součást vložíme na stůl přístroje volně - v případě, že se jedná o drobnou součást, kterou lze uložit ve stabilní poloze. Pokud součást není stabilní, je nutné ji stabilizovat a fixovat buďto pomocí plastické hmoty nebo upnutím do svěráku. Nyní součást nekladáme pod měřící objektiv.

Spustíme PC a tím i měřící přístroj. Dále spustíme měřící program TALYSURF. Podle instrukcí uvedených v příloženém návodu, podle parametrů zvoleného objektivu a výšky součásti je nastavena v programu hodnota Z stop. Tímto postupem se zabraňuje možné kolizi měřené součásti s objektivem. Nyní je již možné vložit součást pod objektiv.

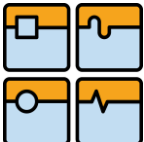
Následuje vyrovnaní měřené součásti. K tomuto účelu se použijí v programu záložky AXIS CONTROL a FRINGE SETUP jejichž kombinací je možné detekovat polohu součásti a vyrovnat ji jak v příčném tak podélném směru. V případě, že je měřená součást nakloněná je možné ji vyrovnat nastavením regulačních šroubů, sloužících pro natáčení stolu přístroje. Po jejím vyrovnaní zbývá ve zmíněných programových záložkách zaměřit zájmovou oblast.

Před měřením je nezbytné zkontrolovat množství světla dopadajícího na součást. Tato operace se provádí v záložce FRINGE SETUP pomocí takzvaného „průběhu“ interferenčních proužků přes celou měřenou oblast. Místa, která se v průběhu této operace zbarví do žluta, nebude možné změřit, pokud nedojde k úpravě intenzity světelného zdroje. Regulace intenzity se provede natočením tlačítka, které je umístěno na panelu vedle PC.

Poslední krok v záložce FRINGE SETUP je nastavení délky trvání měření. Tato činnost se provádí obdobně jako v případě kontroly dopadajícího množství světla na součást - pomocí „průběhu“ interferenčních proužků přes měřenou oblast. Při této činnosti je potřeba bedlivě sledovat již zmíněný „průběh“ interferenčních proužků. Toto opatření slouží k tomu, aby nebyla doba měření příliš zkracována – v tom hrozí vznik neměřených bodů. V případě, že neměřené body zaujmou určité procento měřené plochy, existuje reálná možnost, že bude měření znehodnoceno. Poslední kroky, které zbývají, jsou označení (pojmenování) konkrétního měření a jeho odstartování.

Shrnutí výhod a nevýhod bezkontaktního měření:

K výhodám bezkontaktní metody patří schopnost měřit části plochy (nikoliv pouze úsečky) z čehož vyplývá možnost získat několik druhů parametrů pro hodnocení zájmové plochy.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 47
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

K nevýhodám patří dlouhé časy přípravy vzorků, které výrazně prodlužují celkový čas potřebný pro měření. V případě nedostupných povrchů nutnost zájmový povrch zpřístupnit, což může znamenat součást prakticky destruovat (rozřezat).

3.2.2 Kontaktní měřící metody a přístroje

Přístroj

Pro kontaktní měření byl použit kontaktní drsnoměr od firmy Taylor Hobson s typovým označením Surtronic 25 (obr. 3.2.3). Technické údaje přístroje jsou uvedeny v příloze č. 4.

Surtronic 25 je přenosný kompaktní přístroj pro měření profilových parametrů drsnosti struktury povrchu jak v průmyslové praxi, tak i v laboratorních podmínkách. Hodnocení parametrů a další funkce přístroje jsou prováděny mikroprocesorem. Výsledky měření se zobrazují na LCD displeji, případně mohou být převedeny na připojenou tiskárnu nebo do PC v případě pokud jsou data dále vyhodnocována. [30]



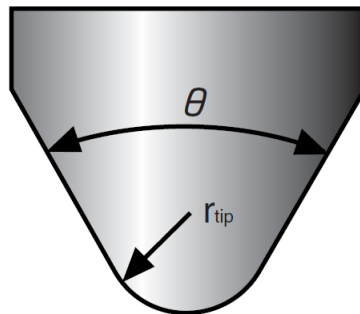
Obr. 3.2.3 Kontaktní drsnoměr Surtronic 25

Princip měřící metody

Princip kontaktního měření je prostý. Měřící dotyk funguje na principu čidla s proměnným magnetickým odporem s definovanými rozměry. Dotyk se při měření pohybuje po úsečce s definovanou délkou a opěrkou se opírá o měřený povrch, přičemž zakřivený tvar opěrky vyčnívá přes spodní stranu snímače v blízkosti snímacího hrotu. Při posunu snímače po povrchu dochází k relativnímu pohybu snímacího hrotu vzhledem k opěrce, kdy je tento pohyb převeden na odpovídající elektrický signál. Poloměr zaoblení opěrky je mnohem větší, než rozměr rozteče drsnosti povrchu. To umožňuje přejíždět po měřeném povrchu bez praktického vlivu drsnosti a vytvoření základny reprezentující obecný tvar povrchu. Pouze v případě, kdy má vlnitost velké rozteče, je třeba použít snímač s botkou ve spojení se základní délkou 2,5 mm. [30]



Měřicí dotyk (snímací hrot) má tvar kužele (obr. 3.2.4) s vrcholovým úhlem 60° , jehož zaoblení je $2\ \mu\text{m}$. Snímací hrot je vyroben z diamantu z důvodu snížení opotřebení. [30, 31]



Obr. 3.2.4 Geometrie měřícího dotyku [31]

Postup měření

Měřicí přístroj vyjme z transportního kufříku, sestavíme a nainstalujeme do polohy vhodné pro měření. Sestavení přístroje je provedeno následovně: Přívodní kabel snímače se zapojí do zásuvky na čele přístroje, avšak kabel snímače je nejdříve zapojen do zobrazovací a posuvné jednotky a po té do snímače. Dále se připevní k zobrazovací a posuvné jednotce snímač (v případě, že je už připojen, tento krok odpadá). Pro měření je nutno nastavit snímač rovnoběžně s měřeným povrchem a zajistit kontakt hrotu i opěrky snímače s měřeným povrchem. [30]

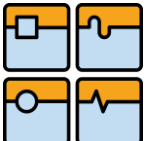
Měřicí přístroj uvedeme do chodu zapojením do elektrické sítě a stisknutím tlačítka SCROLL po té se na obrazovce přístroje objeví základní nastavení předchozího měření. V případě že je přístroj napájen z baterie se po ukončení měření ukládá poslední nastavení, pokud ale přístroj napájen není, pak je nastavení ztraceno. [30]

Nyní je možné provést nastavení přístroje pro aktuální měření, kdy jsou nastaveny měřené parametry (R_a , R_{sk} , ...atd.), základní délka (cut-off), vyhodnocovaná délka a další parametry. Součástí nastavení jsou rovněž podmínky pro přenos dat do PC. [30]

Měřený vzorek volně položíme na vodorovnou tuhou podložku (např. žulová destička). V případě, že měřená součást (měřená plocha) není vyrovnána, je nutné ji vyrovnat v podélném i příčném směru, potom je vhodné použít k vyrovnání například plastickou hmotu, která současně poslouží jako fixační člen. Následující krok je seřízení polohy kontaktního drsnoměru tak, aby povrch měřené součásti byl rovnoběžný s měřícím raménkem. Součástí tohoto kroku je rovněž kontrola, zda jsou kontakt hrotu a opěrka snímače v kontaktu s měřeným povrchem.

Závěrečným krokem je umístění měřícího dotyku do požadovaného místa měření a provedení požadovaného počtu měření. Měření se spustí stisknutím tlačítka MEASURE, po jeho dokončení se snímač vrátí do výchozí polohy a naměřené parametry se zobrazí na obrazovce přístroje. [30]

Pokud je přístroj propojen s PC pak je nutné provést následující kroky. V první řadě přístroj s PC fyzicky propojit kabelem a přepnout jej do módu pro přenos dat tzv. „dump mode“. Pak jsou všechna nastavení měření a jejich spouštění, prováděna pomocí obslužného softwaru v PC. [30]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 49
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Na výsledné hodnoty mohou mít vliv následující faktory. Nevhodně zvolená geometrie a velikost měřicího dotyku nebo jeho poškození. Případné poškození raménka, nesprávně nakalibrovaný přístroj či nevhodně zvolená délka měřené úsečky, v neposlední řadě také nevhodné umístění měřicího přístroje vzhledem k měřené ploše.

Shrnutí výhod a nevýhod kontaktního měření:

Mezi výhody patří rychlost - naměřené hodnoty se ihned po jeho dokončení objeví na obrazovce. Další výhodou je velikost přístroje. V případě, kdy je nutné měřit hůře dostupná místa - například otvory, pak stačí do otvoru zasunout raménko s měřicím dotykem. Předpokladem pro správné měření je dodržení správné polohy přístroje.

Mezi nevýhody patří již zmíněná nutnost dodržování správné polohy přístroje. Lze sem zařadit i možnost poškození měřeného povrchu měřicím dotykem a to zvláště pokud je několikanásobně po sobě měřena jedna oblast povrchu. Další nevýhoda vyplývá z geometrie měřicího dotyku a to, že měřicí dotyk (hrot) nedokáže přesně „okopírovat“ tvar povrchu. Za jednu z „nevýhod“ kontaktního měření je možné považovat i schopnost přístroje měřit pouze parametry drsnosti povrchu.

Smysl použití dvou různých měřicích přístrojů pro měření je porovnání výsledků získaných z určených oblastí obou uvedených vzorků. Na základě porovnání získaných výsledků a na jejich základě vyslovení závěru o možnostech využití obou přístrojů (metod) a jejich vhodnosti pro průmyslovou praxi. Což je uvedeno v následující kapitole.



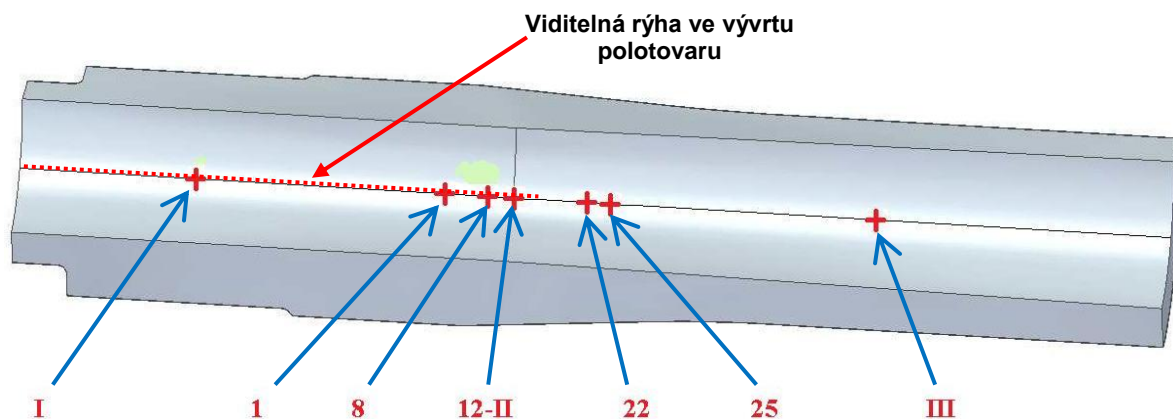
4 MĚŘENÍ PARAMETRŮ TEXTURY VÝVRTU HLAVNĚ

V této kapitole jsou obsaženy výsledky měření parametrů textury povrchu vývrtu obou vzorků. Pro každý vzorek jsou nejdříve uvedena místa, kde bylo měření prováděno společně a jejich polohou na povrchu vzorku. V podkapitolách jsou uváděny výsledky měření pocházející z uvedených měřících bodů, které jsou získány pomocí bezkontaktního přístroje Taylor Hobson CCI a pomocí kontaktního přístroje Surtonic 25.

4.1 Měření textury povrchu vzorku č.1

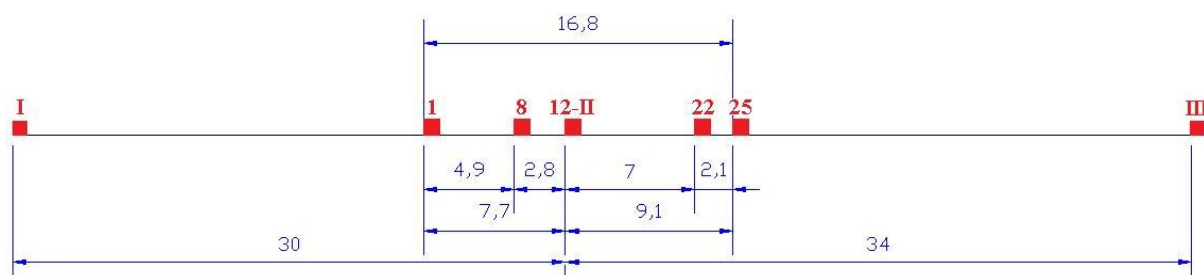
Cílem měření vzorku č. 1 je ohodnotit stav povrchu vývrtu polotovaru brokové hlavně před a po kování. Z tohoto důvodu je na vzorku vybrána rýha způsobena pravděpodobně výstružníkem táhnoucí se téměř po celé délce vzorku (viz obr. 4.1.1). Na této zvolené nedokonalosti probíhalo pozorování přechodu mezi jednotlivými stavy, ve kterých se povrch v průběhu kování nacházel.

Měřené body I, II a III, viz (obr. 4.1.1), MB I, MB II a MB III (dále jen MB) jsou využity k základnímu ohodnocení stavu povrchu. MB I je místem povrchu nedotčeného procesem kování. Jeho parametry hodnotí stav po přípravných operacích před kováním (blíže viz kap. 2.3). MB II představuje přechodový stav povrchu, kde je možné volným okem pozorovat změnu povrchu při kování. MBIII je zvolen jako příklad výsledného povrchu po kování.



Obr. 4.1.1 Rozmístění a poloha vybraných MB na měřeném vzorku č. 1

Za účelem upřesnění sledování postupného přechodu mezi stavem před a po kování je zvoleno dalších 25 měřících bodů ve smyslu (obr. 4.1.2.), kde jsou označeny body 1, 8, 12, 22 a 25.



Obr. 4.1.2 Rozmístění a poloha vybraných MB (rozměry jsou v řádu milimetrů)

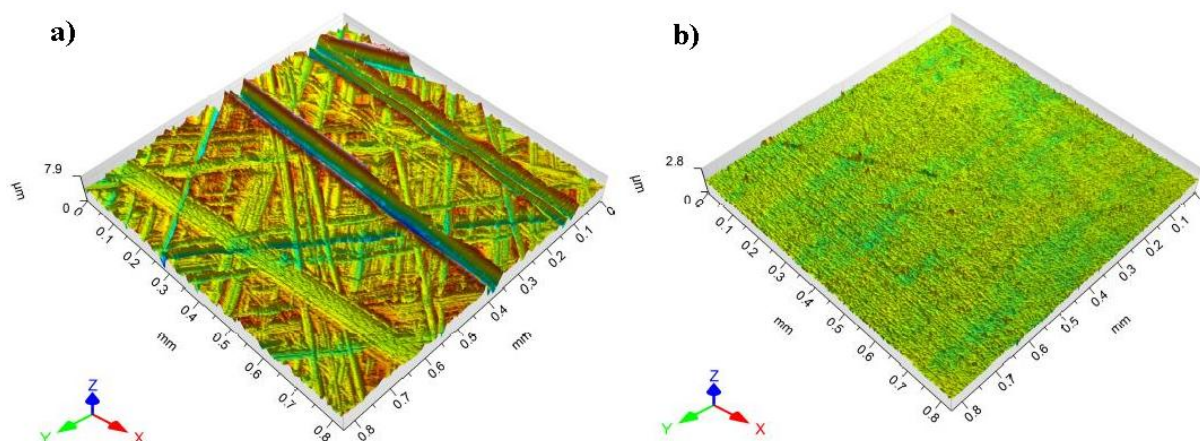


Poloha MB II koresponduje s polohou MB 12. Pro zjednodušení interpretace naměřených výsledků jsou v kapitole 4.1.2 využity výsledky z MB č. 1, 8, 12, 22 a 25, které jsou doplněny MB I a MBIII (obr. 4.1.2).

4.1.1 Hodnocení stavu povrchu vývrtu vzorku č. 1

Pro základní ohodnocení povrchu vývrtu polotovaru hlavně bezkontaktní metodou jsou použity výsledky měření získané z 3D modelů textury povrchu MB I a MB III pomocí přístroje Taylor Hobson CCI. Pro potřebu samotného ohodnocení povrchu vývrtu jsou vybrány jejich 3D modely textur, přičemž jejich výběr je podmíněn schopností přesně charakterizovat stav vývrtu před kováním a po kování. Tyto 3D modely textur jsou dále doplněny vybranými parametry profilu drsnosti (tabulka 6 a příloha č. 9).

Uvedené 3D modely textur (obr. 4.1.3) zobrazují stav povrchu vývrtu vzorku č. 1 po přípravných operacích (a) a kování (b). Při vizuálním posouzení 3D modelu a) vlevo a 3D modelu b) vpravo je patrné výrazné zlepšení kvality povrchu, kterého se dosahuje v průběhu kování.



Obr. 4.1.3 Stav povrchu vývrtu vzorku č. 1:

a) Snímek MB I – po dokončovacích operacích;

b) Snímek MB III – po kování

Z porovnání 3D modelů textury povrchu MB povrchu vzorku č. 1 je jasně patrné, že skutečně došlo v průběhu kování ke zlepšení kvality povrchu vývrtu. Na kovaném povrchu jsou prakticky patrné pouze největší (nejhlubší) stopy po nástroji. Velmi jasně patrná nedokonalost – rýha nacházející se zhruba v polovině snímku MB I není na snímku MB III prakticky viditelná. Z toho je možné usoudit, že i takto rozměrné nedokonalosti povrchu mohou být zakovány (eliminovány procesem kování).

Naměřené hodnoty vybraných parametrů profilu drsnosti MB I a MB III jsou uvedeny v tabulce 6.



Tabulka 6 Parametry profilu drsnosti MB I a III změřené TH CCI

PARAMETR	VZOREK Č. 1	
	MB I	MBIII
Ra [μm]	0,6940500	0,060260
RSm [mm]	0,0481540	0,015569
Rz [μm]	5,4763000	0,665620
Rt [μm]	5,4903000	0,951390
Rsk [-]	-0,6221900	-0,225930
Rp [μm]	2,3966000	0,320230
Rv [μm]	3,0797	0,34539

Při porovnání naměřených hodnot všech vybraných parametrů profilu drsnosti v tabulce 6 je možné potvrdit zlepšení kvality povrchu po kování. Toto zlepšení kvality je možné pozorovat na několikanásobném poklesu hodnot všech uvedených parametrů. Například hodnota parametru Ra se v průběhu kování výrazně zmenšila více než 10x, oproti tomu se v případě parametru Rsk hodnoty zmenšily přibližně pouze 3x.

Pro základní ohodnocení povrchu vývrtu polotovaru hlavně kontaktní metodou byly použity výsledky měření získané ze snímků MB I a III pomocí přístroje Surtronic 25 (příloha č. 10). Pro potřebu ohodnocení stavu povrchu vývrtu polotovaru hlavně jsou vybrány identické parametry profilu drsnosti jako v případě bezkontaktního měření. Naměřené hodnoty vybraných parametrů profilu drsnosti jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7 Parametry profilu drsnosti MB I a III změřené TH Surtronic 25

PARAMETRY	VZOREK Č. 1	
	MB I	MB III
Ra [μm]	0,40	0,036667
RSm [mm]	0,124	0,064
Rz [μm]	3,00	0,286667
Rt [μm]	4,33	0,396667
Rsk [-]	1,10	0,028
Rp [μm]	2,00	0,123333
Rv [μm]	1,00	0,063333

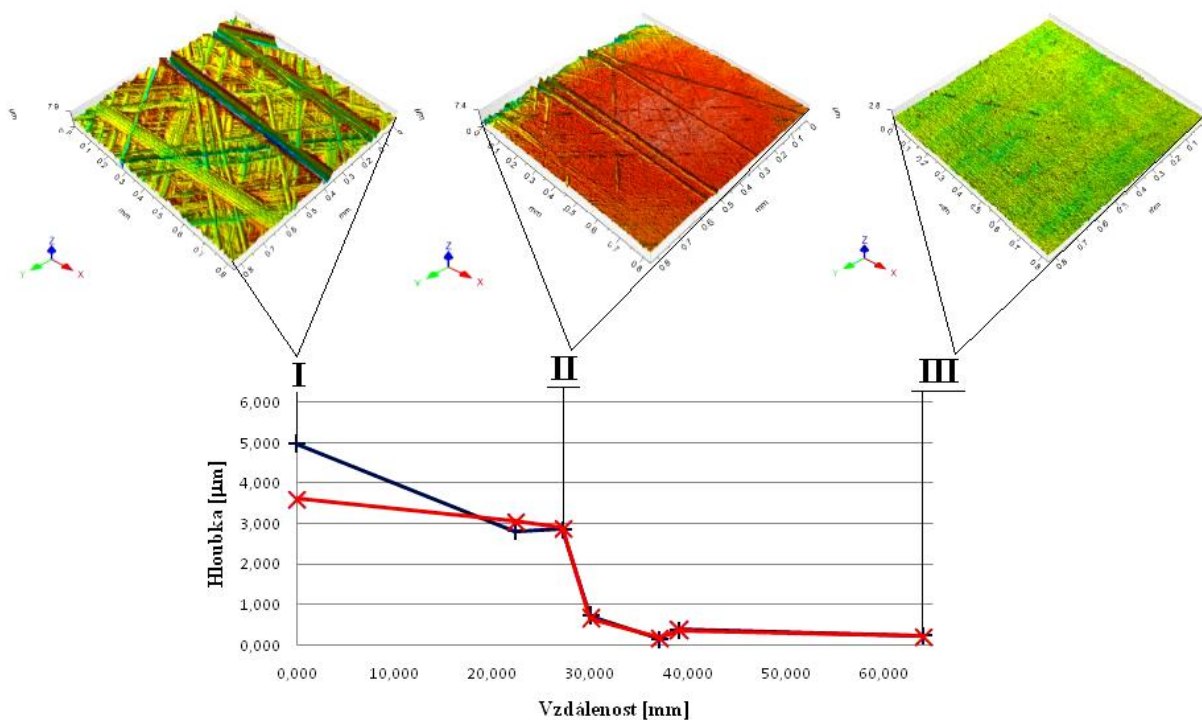
Na základě porovnání hodnot všech vybraných parametrů profilu drsnosti v tabulce 7 získaných kontaktním měřením je rovněž možné potvrdit zlepšení kvality povrchu po kování. Toto zlepšení je možné pozorovat na několikanásobném poklesu hodnot všech uvedených parametrů. Například hodnota parametru Ra se v průběhu kování zmenšila více než desetinásobně, oproti tomu hodnota parametru Rsk se zmenšila téměř čtyřicetinásobně.



4.1.2 Hodnocení stavu rýhy

Pro kvantitativní zhodnocení stavu zvolené nedokonalosti (rýhy) před, v průběhu a po kování byly použity profily drsnosti ze všech MB (měřených bodů). Samotné profily drsnosti byly pořízeny z míst v jednotlivých MB, kde se rýha jevila nejvýrazněji.

Pomocí softwaru pro úpravu dat byly z těchto profilů drsnosti odečteny hodnoty průměrné hloubky pro obě části rýhy. Tyto hodnoty byly použity k sestrojení grafické závislosti (obr. 4.1.4) průměrných hodnot hloubek obou částí rýhy na vzdálenosti jednotlivých měření. Svislá osa znázorňuje hloubku obou částí rýhy v mikrometrech a vodorovná osa představuje vzdálenost MB v milimetrech od počátečního MB I.



Obr. 4.1.4 Grafická závislost hloubky rýhy na vzdálenosti od MB I

Z výše uvedené grafické závislosti je jasně patrné, že v průběhu kování dochází k postupné eliminaci obou částí pozorované povrchové nedokonalosti - rýhy. Tento fakt opět potvrzuje skutečnost postupného zlepšování kvality povrchu při kování.

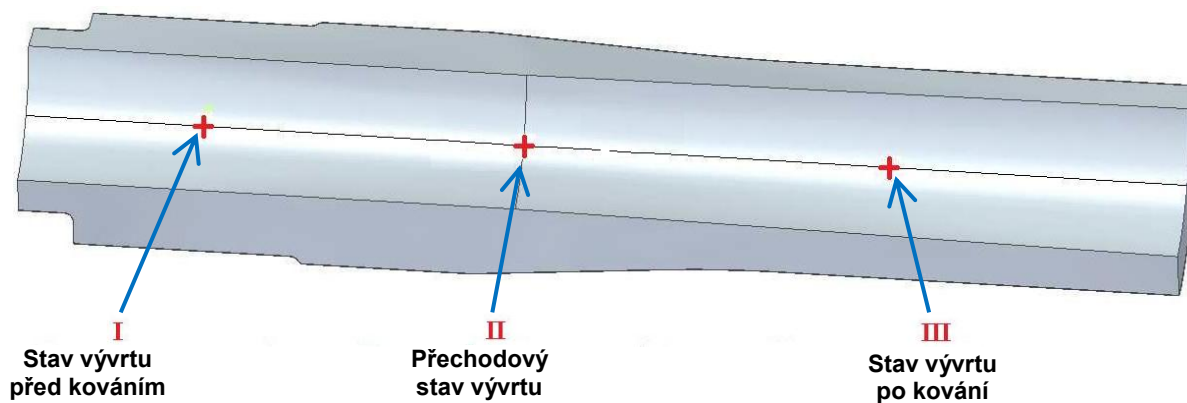
Původní hloubka jednotlivých částí rýhy se pohybovala v rozmezí 3,5 – 5 μm , po kování však její hloubka poklesla do rozmezí hodnot 0,22 - 0,25 μm , kdy již nebylo možné rýhu pozorovat pouhým okem.

Výsledek tohoto experimentu je možné v praxi využít při určení požadavků na kvalitu povrchu po přípravných operacích před kováním.



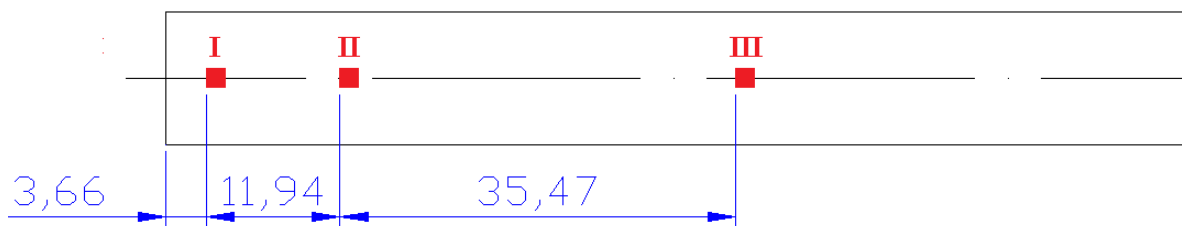
4.2 Měření textury povrchu vzorku č. 2

Stejně jako u vzorku č. 1 je cílem tohoto měření zachytit stav povrchu vývrtu brokové hlavně před, v průběhu a po kování. U vzorku č. 1 je pro sledování jednotlivých stavů vybrána zvolená nedokonalost – rýha, která se táhne téměř po celé délce vzorku (viz obr. 4.1.1). V případě vzorku č. 2 nebylo možné tento postup aplikovat kvůli absenci již zmíněných povrchových nedokonalostí - podélných rýh. Pro základní srovnání povrchů obou vzorků tak jsou zvoleny MB I, MB II a MB III, které jsou znázorněny viz (obr. 4.2.1). jako body I, II a III.



Obr. 4.2.1 Rozmístění a poloha vybraných MB na měřeném vzorku č. 2

První MB I je příkladem povrchu nedotčeného procesem kování. Poloha MB II zachycuje přechodový stav. MB III byl vybrán jako příklad výsledného povrchu vzniklého po kování. Na (obr. 4.2.2) je schematicky znázorněna poloha jednotlivých MB s uvedenými vzdálenostmi určujícími polohu jednotlivých MB na povrchu vzorku.



Obr. 4.2.2 Rozmístění, pořadí a poloha zvolených MB

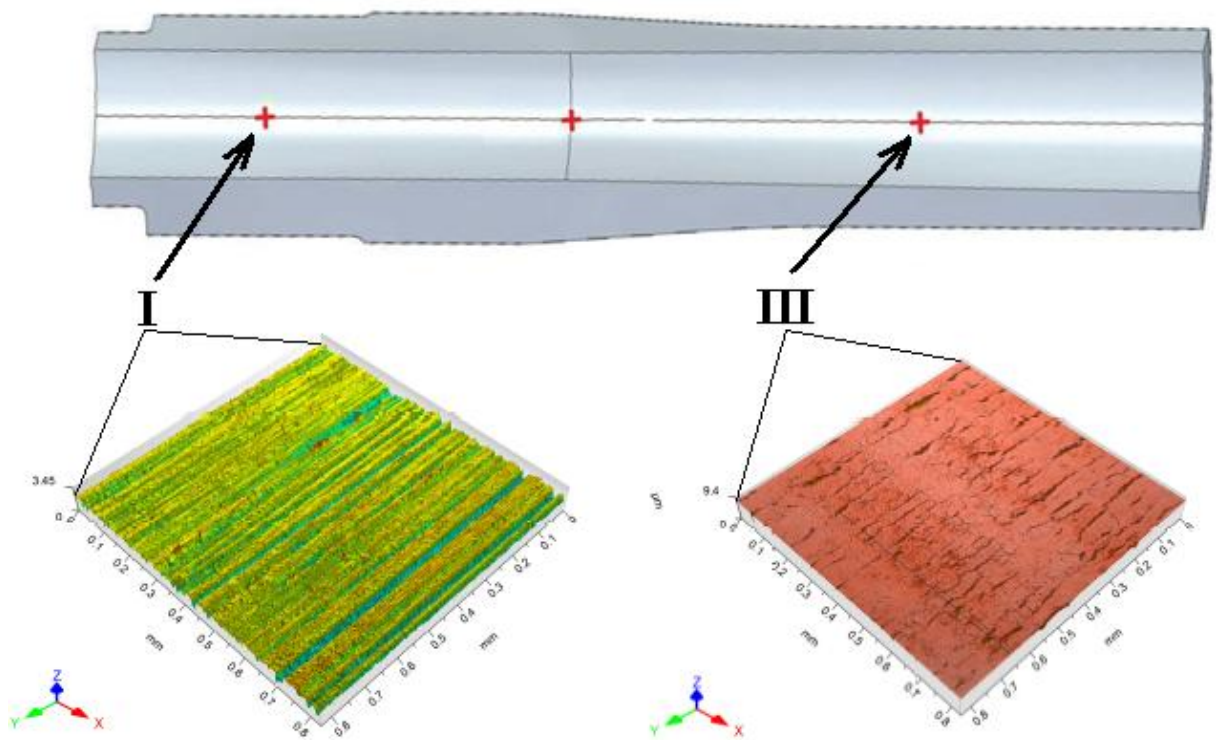
(rozměry jsou v řádu milimetrů a jsou kótovány od zadního čela vzorku)



4.2.1 Hodnocení stavu povrchu vývrtnu vzorku č. 2

Pro základní ohodnocení povrchu vývrtnu polotovaru hlavně bezkontaktní metodou jsou použity výsledky měření získané z 3D modelů textury povrchu MB I a MB III pomocí přístroje Taylor Hobson CCI. Pro potřebu samotného ohodnocení povrchu vývrtnu jsou vybrány jejich 3D modely textur, přičemž jejich výběr je podmíněn schopností přesně charakterizovat stav vývrtnu před kování a po kování. Tyto 3D modely textur jsou dále doplněny vybranými parametry profilu drsnosti (tabulka 8 a příloha č. 11).

Uvedené 3D modely textur (obr. 4.2.3) zobrazují stav povrchu vývrtnu vzorku č. 2 (polotovaru brokové hlavně) po dokončovacích operacích a kování. Vizuálním porovnáním obou 3D modelů vidíme, že opět došlo při kování k výrazné změně kvality povrchu.



Obr. 4.2.3 Stav povrchu vývrtnu vzorku č. 2:

a) 3D model textury povrchu MB I – po dokončovacích operacích;

b) 3D model textury povrchu MB III – po kování

Dle (obr. 4.2.3) je možné konstatovat, že stopy po nástroji viditelné na snímku MB I nejsou již na snímku MB III téměř patrné. V tomto směru je možné potvrdit určité zlepšení kvality povrchu vzorku č. 2. Nicméně při pohledu na snímek MB III lze v příčném směru (kolmém na osu hlavně) pozorovat velké množství mikrotrhlin, a tak je možné vyslovit tvrzení, že v průběhu kování došlo současně ke zhoršení kvality povrchu.

Naměřené hodnoty vybraných parametrů profilu drsnosti MB I a MB III jsou uvedeny v tabulce 8.



Tabulka 8 Parametry profilu drsnosti MB I a III změřené TH CCI

PARAMETR	VZOREK č. 2	
	MB I	MB III
Ra [μm]	0,245470	0,106710
RSm [mm]	0,018885	0,045969
Rz [μm]	1,931800	2,599400
Rt [μm]	1,948400	2,628500
Rsk [-]	-0,884590	-5,219000
Rp [μm]	0,766200	0,426010
Rv [μm]	1,1656	2,1734

Při porovnání naměřených hodnot všech vybraných parametrů profilu drsnosti z jednotlivých měřených bodů byly konkrétními hodnotami potvrzeny závěry týkající se kvality povrchu v MB I a III.

Na základě tabulky 8 lze konstatovat, že zlepšení je patrné na přibližně dvojnásobném poklesu hodnot parametrů Ra a Rp . Avšak ostatní parametry potvrzují zhoršení kvality povrchu, na to poukazuje především parametr Rsk u něhož došlo po kování téměř k šestnásobnému nárůstu hodnoty, který tak prokazuje existenci zmíněných mikrotrhlin. Toto potvrzují parametry Rz a Rv , u kterých rovněž došlo k nárůstu hodnot po kování v rozmezí 30-40 procent hodnot naměřených v MB I.

Závěrem je možné říci, že při kování došlo obecně ke zhoršení kvality povrchu. Zajímavým zjištěním je, že se toto zhoršení téměř neprojevovalo na vzhledu kované plochy vzorku č. 2 (obr. 3.1.3 – kapitola 3.1). Pouze zkušený odborník je schopen pouhým okem rozeznat rozdíly v kvalitě obou vzorků, zvláště v případě jejich kovaných povrchů

Pro základní ohodnocení povrchu vývrtu polotovaru hlavně kontaktní metodou byly použity výsledky měření MB I a III pomocí přístroje Surtronic 25 (příloha č. 12). Naměřené hodnoty vybraných parametrů profilu drsnosti jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9 Parametry profilu drsnosti MB I a III změřené TH Surtronic 25

PARAMETRY	VZOREK č. 2	
	MB I	MB III
Ra [μm]	0,20	0,073333
RSm [mm]	0,071	0,044333
Rz [μm]	1,67	1,083333
Rt [μm]	2,67	1,786667
Rsk [-]	1,62	-5,244
Rp [μm]	1,00	0,136667
Rv [μm]	0,67	0,946667

Na základě tabulky 9 lze konstatovat, že zlepšení kvality je patrné na téměř trojnásobném poklesu hodnot parametru Ra a na více než sedminásobném poklesu hodnoty parametru Rp . Nicméně ostatní parametry potvrzují zhoršení kvality

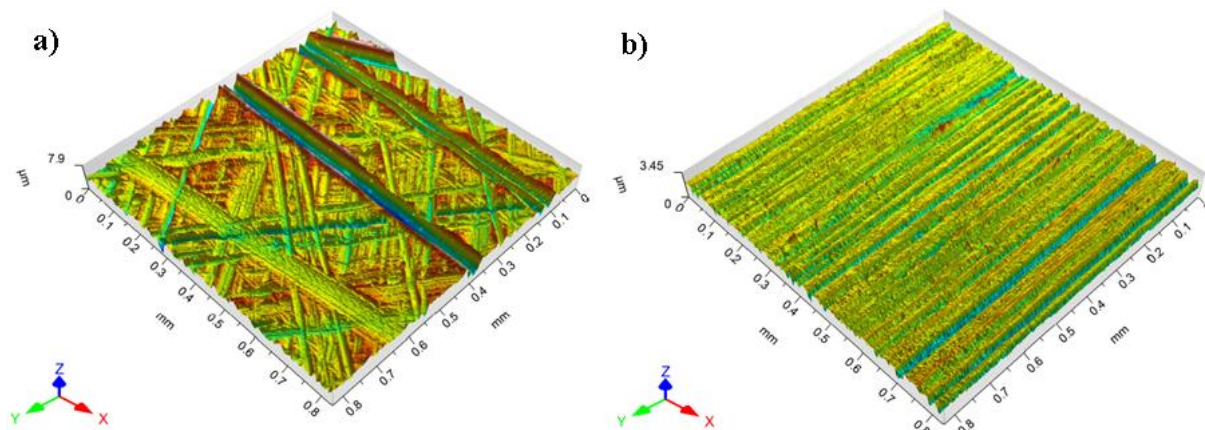


povrchu, na to poukazuje především parametr R_{sk} u něhož došlo po kování k více než trojnásobnému nárůstu hodnoty a který tak potvrzuje existenci zmíněných mikrotrhlin. To potvrzuje také parametr R_v u kterého došlo k nárůstu hodnot po kování přibližně o 30 procent hodnoty naměřené v MB I.

4.3 Srovnání parametrů textur vzorků č. 1 a č. 2

Pro základní ohodnocení povrchu vývrtu obou polotovaru hlavně oběma metodami (kontaktní a bezkontaktní) jsou použity výsledky měření získané z 3D modelů textur povrchu MB I a MB III pomocí přístroje Taylor Hobson CCI (příloha č. 9 a č. 11) a přístroje Surtronic 25 (příloha č. 10 a č. 12). Trojrozměrné (3D) modely textur jsou využity pro výpočet hodnot vybraných parametrů profilů drsnosti uvedených v tabulce 10 a tabulce 11.

Na (obr. 4.3.1) jsou uvedeny 3D modely MB I obou vzorků.



Obr. 4.3.1 Porovnání 3D modelů textury povrchů MB I (stav před kováním):

a) Vzorek č. 1; b) Vzorek č. 2

Z obrázku 4.3.1 je patrné, že se oblasti povrchu po obrábění u obou vzorků výrazně odlišují. U vzorku č. 1 (dále jen č. 1) jsou mimo stop po nástroji jasně viditelné výrazné povrchové nedokonalosti – rýhy, které u vzorku č. 2 (dále jen č. 2) absentují. Další podstatný rozdíl je směr stop, které jsou u č. 1 vychýleny z kolmého směru na osu hlavně oproti č. 2, kdy jsou kolmé na osu hlavně. Při vizuálním srovnání 3D modelů textur povrchu MB I u obou vzorků lze vyslovit tvrzení, že povrch vzorku č. 2 je proveden v lepší kvalitě.

Vybrané parametry profilů drsnosti respektive jejich naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 10.



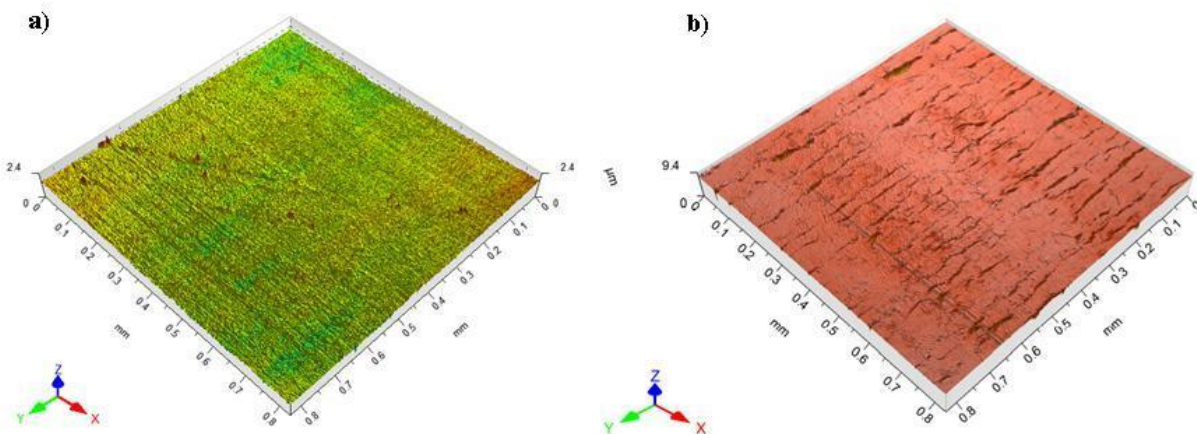
Tabulka 10 Parametry profilu drsnosti (TH CCI + TH Surtronic 25 pro MB I)

MB I				
PARAMETR	VZOREK č. 1		VZOREK č. 2	
	TH CCI	TH Surtronic 25	TH CCI	TH Surtronic 25
Ra [μm]	0,6940500	0,40	0,245470	0,2
RSm [mm]	0,0481540	0,124	0,018885	0,071
Rz [μm]	5,4763000	3,00	1,931800	1,666667
Rt [μm]	5,4903000	4,33	1,948400	2,666667
Rsk [-]	-0,6221900	1,10	-0,884590	1,62
Rp [μm]	2,3966000	2,00	0,766200	1
Rv [μm]	3,0797	1,00	1,1656	0,666667

Na základě naměřených hodnot parametrů profilu drsnosti v MB I uvedených v tabulce 10 lze potvrdit pro MB I obou vzorků, že povrch vzorku č. 2 ve stavu před kováním vykazuje lepší kvalitu než vzorek č. 1. Příkladem může být srovnání hodnot parametrů Ra naměřených TH CCI pro MB I obou vzorků, kdy platí, že $(0,694 \mu\text{m}) > (0,245 \mu\text{m})$, což prokazuje lepší kvalitu obráběného povrchu vzorku č. 2.

Výjimkou je parametr Rsk , kdy srovnání hodnot pro MB I obou vzorků platí, že $(-0,622) < (-0,884)$, což odporuje tvrzení o lepší kvalitě obráběného povrchu vzorku č. 2.

Na obr. 4.3.2 jsou uvedeny 3D modely MB III obou vzorků.



Obr. 4.3.2 Porovnání 3D modelů textury povrchů MB III (stav po kování):

a) Vzorek č. 1; b) Vzorek č. 2

Z obrázku 4.3.2 je jasně patrné, že se oblasti povrchu po kování u obou vzorků výrazně odlišují. V případě obou vzorků došlo v průběhu kování k eliminaci většiny nedokonalostí a stop po nástrojích, ale u vzorku č. 2 je přítomný velký počet mikrotrhlin v příčném směru (kolmý na osu hlavně). Při srovnání 3D modelů textury povrchů MB III lze vyslovit závěr, že povrch č. 2 je proveden v horší kvalitě než povrch č. 1.



Naměřené hodnoty vybraných parametrů profilu drsnosti jsou uvedeny v tabulce 11.

Tabulka 11 Parametry profilu drsnosti (TH CCI + TH Surtronic 25 pro MB III)

MB III				
PARAMETR	VZOREK č. 1		VZOREK č. 2	
	TH CCI	TH Surtronic 25	TH CCI	TH Surtronic 25
R_a [μm]	0,060260	0,036667	0,106710	0,073333
R_{Sm} [mm]	0,015569	0,064	0,045969	0,044333
R_z [μm]	0,665620	0,286667	2,599400	1,083333
R_t [μm]	0,951390	0,396667	2,628500	1,786667
R_{sk} [-]	-0,225930	0,028	-5,219000	-5,244
R_p [μm]	0,320230	0,123333	0,426010	0,136667
R_v [μm]	0,34539	0,163333	2,1734	0,946667

Na základě naměřených hodnot v tabulce 11 lze potvrdit pro MB III obou vzorků, že povrch vzorku č. 1 ve stavu po kování vykazuje lepší kvalitu než vzorek č. 2. Příkladem může být srovnání hodnot parametrů R_a naměřených TH CCI pro MB III obou vzorků, platí, že $(0,060 \mu\text{m}) < (0,106 \mu\text{m})$, což prokazuje lepší kvalitu kovaného povrchu vzorku č. 1. Při srovnání hodnot ostatních parametrů R_v , R_p , R_t , obdobným způsobem je možné dojít k identickému závěru.

V případě srovnání hodnot parametru R_{sk} naměřených TH CCI pro MB III obou vzorků, platí, že $(-0,226) < (-5,219)$, což potvrzuje tvrzení o horší kvalitě kovaného povrchu, ale i o přítomnosti velkého počtu mikrotrhlin v příčném směru. Na přítomnost mikrotrhlin poukazují hodnoty parametru R_z v MB III vzorku č. 2, kde došlo k téměř čtyřnásobnému nárůstu oproti hodnotě v MB III vzorku č. 1.

Hodnoty naměřené oběma použitými metodami se v místě MB III odlišují, avšak tyto odlišnosti nemají zásadní vliv na srovnání kvality povrchu vzorku č. 1 a vzorku č. 2. Toto poukazuje na rovnocennost obou metod při detekci mikrotrhlin a umožňuje zvolit pro průmyslovou praxi metodu rychlejší a ekonomičtější, která nevyžaduje nutnost destruovat (zničit) hlaveň pro potřeby měření.

Na základě získaných hodnot a faktů z nich vyplývajících se pro praktické použití jeví jako vhodnější metoda kontaktního měření.

Po srovnání jednotlivých parametrů profilu drsnosti je možné s velkou pravděpodobností říci, že parametr R_a je k uvedeným nedokonalostem povrchu vzorku č. 2 nejméně citlivý, a tak je nejméně vhodným parametrem pro popis kvality povrchu vývrtu brokové hlaveň. V tomto ohledu jsou vhodnou volbou parametry R_z (největší výška profilu) a R_{sk} (šikmost posuzovaného povrchu), které jsou vůči zmíněným nedokonalostem velmi citlivé.



4.4 Srovnání ostatních parametrů vzorků č. 1 a č. 2

Jedná se o dvě skupiny parametrů, které byly získány pomocí bezkontaktní metody měření. První skupinou jsou výškové parametry, které jsou doplněny objemovými parametry, konkrétně vybraným parametrem V_v - prázdný objem. Definice parametrů jsou uvedeny v (příloha č. 6 a č. 7).

Skupina výškových parametrů byla vybrána z důvodu jisté analogie s parametry drsnosti povrchu. Prázdný objem V_v prezentuje objem materiálu potřebného na vyplnění všech nedokonalostí povrchu. Logicky s jeho zmenšující se hodnotou lze zájmový povrch považovat za kvalitnější, tedy s minimem nedokonalostí.

Hodnoty těchto parametrů obou vzorky pro MB I jsou uvedeny v tabulce 12 a pro MB III jsou uvedeny v tabulce 13 (přílohy č. 9 a č. 11).

Tabulka 12 Výškové parametry a vybraný objemový parametr (TH CCI)


MB I		
PARAMETR	VZOREK č.1	VZOREK č.2
S_a [μm]	0,725110	0,261310
S_q [μm]	0,975270	0,331780
S_p [μm]	3,477000	1,677600
S_v [μm]	4,498400	1,798700
S_z [μm]	7,975400	3,476300
V_v [mm^3/mm^2]	0,0011256	0,0003405

Na základě naměřených hodnot v tabulce 12 je možné potvrdit, že povrch vzorku č. 2 po obrábění je proveden v lepší kvalitě než povrch vzorku č. 1 v identickém stavu. Toto potvrzují všechny vybrané parametry. Příkladem může být srovnání hodnot parametru S_a naměřených TH CCI pro MB I obou vzorků, kdy platí, že $(0,725 \mu\text{m}) > (0,261 \mu\text{m})$, což prokazuje lepší kvalitu obráběného povrchu vzorku č. 2.

Tabulka 13 Výškové parametry a vybraný objemový parametr (TH CCI)

MB III		
PARAMETR	VZOREK č.1	VZOREK č.2
S_a [μm]	0,074324	0,114430
S_q [μm]	0,103900	0,299860
S_p [μm]	1,437700	1,590900
S_v [μm]	1,386100	7,858100
S_z [μm]	2,823800	9,449000
V_v [mm^3/mm^2]	0,00011964	0,00013565

Na základě naměřených hodnot v tabulce 13 lze potvrdit, že povrch vzorku č. 1 po kování je proveden v lepší kvalitě než povrch vzorku č. 2 v identickém stavu. Toto potvrzují hodnoty všech uvedených parametrů s výjimkami, kterými jsou parametry S_p a V_v , jejichž hodnoty se od sebe nijak výrazně neodlišují. Příkladem

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 61
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

může být srovnání hodnot parametru Sz naměřených TH CCI pro MB III obou vzorků, kdy platí, že $(2,823 \mu\text{m}) > (9,449 \mu\text{m})$, což nejenom prokazuje lepší kvalitu kovaného povrchu vzorku č. 1, ale také potvrzuje přítomnost mikrotrhlin v příčném směru. Na přítomnost mikrotrhlin poukazují i hodnoty parametru Sv v MB III vzorku č. 2, kdy došlo k více než pětinasobnému nárůstu oproti hodnotě v MB III vzorku č. 1.

Konečný závěr

Na základě naměřených hodnot a dílčích závěrů získaných v předchozích kapitolách je možné potvrdit původní předpoklad o rozdílu kvality kovaného povrchu obou vzorků.

Povrch vzorku č. 1 vykazuje vyšší kvalitu kovaného povrchu navzdory nižší kvalitě povrchu vzorku před kováním. Vzorek č. 2 pak vykazuje vyšší kvalitu povrchu před kováním a nižší kvalitu kovaného povrchu než v případě vzorku č. 1. Tento fakt ukazuje na využitelný potenciál povrchu vzorku č. 2, kdy po zvládnutí výrobního procesu – konkrétně kování za studena bude možné produkovat brokové hlavně se srovnatelnou nebo lepší kvalitou povrchu vývrtu.



ZÁVĚR

Předložená diplomová práce byla na základě analýzy cílů zadání rozčleněna do čtyř kapitol, závěru a dvanácti příloh, v jejichž rámci byly splněny všechny zadané úkoly.

První kapitola obsahuje stručnou historii brněnské Zbrojovky od doby jejího vzniku až po současnost. V následující části první kapitoly je uveden výběr nejznámějších zástupců nejvíce vyráběných brokových a kombinovaných zbraní ZB v průběhu její existence. Zároveň je stručně zdokumentován přístup vedení brněnské Zbrojovky k otázce zlepšování kvality v závislosti na technickém pokroku. V závěru je naznačena širší problematika zlepšování kvality brokových a kombinovaných zbraní, zároveň je vybrána konkrétní oblast této problematiky, která je podrobně objasněna v následujících kapitolách.


Druhá kapitola ve své první části obsahuje stručný slovník termínů a definic týkajících se brokové hlavně a jejího vývrtu, který usnadňuje orientaci mezi používanými pojmy. V úvodu této kapitoly byl definován pojem kvality brokové hlavně a kvality vývrtu brokové hlavně. V navazujících částech byla provedena původní analýza současného stavu hodnocení kvality vývrtu brokové hlavně. Tato analýza byla vypracována formou určení jednotlivých skupin požadavků z oblasti legislativy, technických norem a podnikové dokumentace, řešících problematiku kvality vývrtu brokových hlavně. Poslední část stručně shrnuje proces výroby brokové hlavně ve snaze názorně demonstrovat plnění jednotlivých skupin požadavků, které tvoří kvalitu jejího vývrtu.

V první části třetí kapitoly byl stručně objasněn postup přípravy obou vzorků polotovaru brokových hlavně pro měření. V následující části byly uvedeny obě měřicí metody, a to bezkontaktní i kontaktní, použité pro měření obou vzorků. Ke každé metodě byl přiřazen konkrétní měřicí přístroj a principy jeho funkce, dále byly doplněny obecné postupy měření. Kapitola byla uzavřena seznamem výhod a nevýhod pro použité měřicí přístroje (metody).

V závěrečné čtvrté kapitole jsou pro každý vzorek určeny polohy měřených bodů, odkud byly získány 3D modely textury povrchu. Dále jsou uvedeny pro každý vzorek zvlášť naměřené hodnoty všech typů vybraných parametrů. Na základě srovnání těchto naměřených hodnot byly vysloveny závěry o kvalitě povrchu obou vzorků.

Povrch vzorku č. 1 byl shledán jako kvalitnější, a to i přes skutečnost, že povrch před kováním byl vyroben v horší kvalitě oproti vzorku č. 2.

Povrch vzorku č. 2 byl shledán jako méně kvalitní, kdy hlavním důvodem nižší kvality povrchu byla přítomnost příčných mikrotrhlin. Uvedená skutečnost byla jednoznačně prokázána analýzou hodnot vybraných profilových, plošných výškových a plošných objemových parametrů. Nicméně, vzhledem vyšší kvalitě zpracování povrchu před kováním, než bylo zaznamenáno u vzorku č. 1, existuje pravděpodobně reálný potenciál k výrobě brokových hlavně se srovnatelnou nebo vyšší kvalitou vývrtu než bylo dosaženo u vzorku č. 1. První doporučení pro praxi je proto směřováno k využití tohoto potenciálu eliminací výrazných příčných trhlin, které vznikají při operaci kování za studena.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 63
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

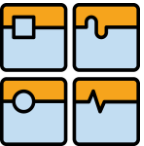
Dále byla pozornost zaměřena na vhodnost parametru profilu drsnosti R_a , který je v současnosti nejvíce používaným parametrem. Provedené srovnání naměřených hodnot prokázalo, že parametr R_a je s velkou pravděpodobností nejméně vhodným parametrem pro odlišení lepší kvality od horší u kovaných hlavních. Za vhodné parametry, které by mohly parametr R_a nahradit, jsou v rámci diplomové práce navrženy parametry R_z (největší výška profilu) a R_{sk} (šikmost posuzovaného povrchu). Jejich vhodnost byla potvrzena na základě měření parametrů profilu drsnosti přístrojem Taylor Hobson CCI.

Na základě doposud uvedeného je v práci navrženo doplnit do současné výrobní dokumentace požadavek na hodnoty drsnosti kovaných polotovarů brokových hlavních $R_{zmax} = 1,6 \mu\text{m}$; $R_{sk} = 0 \pm 2$.

Experimenty také prokázaly, že využitím kontaktních drsnoměrů lze jednoznačně identifikovat přítomnost příčných mikrotrhlin u vzorku č. 2. Toto bylo zjištěno na základě naměřených hodnot parametru R_{sk} pomocí přístroje Taylor Hobson CCI a přístroje Taylor Hobson Surtronic 25, kdy se hodnoty parametru R_{sk} téměř nelišily a pohybují se kolem hodnoty $R_{sk} = -5,2$.


S ohledem na zadání této diplomové práce nebyla detailně řešena problematika některých doporučení a návrhů pro praxi na zlepšování kvality vývrtu brokových hlavních. Z tohoto důvodu je možné navrhnout zadání budoucích diplomových prací:

1. Jedním z vhodných úkolů by mohlo být změření a analyzování parametrů drsnosti ostatních částí vzorků brokových hlavních za účelem potvrzení, případně doplnění řešení předložené v této diplomové práci.
2. Dalším vhodným úkolem by mohlo být provedení plánovaného experimentu s cílem ověření konkrétních faktorů a zjištění velikosti jejich vlivu na kvalitu výrobní operace kování za studena.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 64
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Doc. FIALA. A. CSc., *Přednáška: MANAGEMENT KVALITY PROCESŮ - Úvod do problematiky*; Brno; 2015. zdroj: -podklady ÚVSSR pro studijní obor Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
- [2] Doc. KARPÍŠEK, Zdeněk. *Matematika IV: statistika a pravděpodobnost*. 3. doplněné vydání. Brno: CERM, 2007, 170 s. ISBN 978-80-214-3380-9.
- [3] ZBROJOVKA BRNO: *Historie Zbrojovky Brno* [online]. [cit. 2014-10-01]. Dostupné z: <http://www.zbrojovka-brno.cz/cz/pages/341-historie-zbrojovky-brno.aspx>
- [4] ZBROJOVKA BRNO: *O společnosti* [online]. [cit. 2015-02-27]. Dostupné z: <http://www.zbrojovka-brno.cz/cz/pages/340-o-spolecnosti.aspx>
- [5] JIŘÍ, FencI, Chludil IVAN a Janoušek LADISLAV. *Speciál Střelecká revue - Brokovnice: České dvojky-ZP*. 2012, s. 64-65. ISBN 978-80-7250-390-2.
- [6] JIŘÍ, FencI, Chludil IVAN a Janoušek LADISLAV. *Speciál Střelecká revue-Brokovnice: Co máme doma*. 2012, s. 15-18. ISBN 978-80-7250-390-2.
- [7] JANKOVÝCH, Róbert. *Hlavně zbraně a střelivo*. 1. vydání. Brno: Vysoké učení technické, 2012. ISBN 978-80-260-2384-5.
- [8] LIDMILA, Z., J. LUKEŠ a E. SVOBODA. *Strojírenská technologie II: Technologie ve výrobě zbraní a munice*. Brno: Vojenská akademie v Brně, 1999. S-995.
- [9] Interní výrobní a ostatní technické dokumentace Zbrojovky Brno, s.r.o.
- [10] ČSN 39 5002-1 *Civilní střelné zbraně a střelivo: Všeobecné termíny a definice*. Praha: ČNI, 1996
- [11] ČSN 39 5003 *Civilní palné zbraně: Všeobecné požadavky na konstrukci, výrobu a zkoušení*. Praha: ČNI, 1998.
- [12] JANKOVÝCH, Róbert a Jozef MAJTANÍK. *Jakost a používání zbraňových systémů I*. Brno: Univerzita obrany – Fakulta vojenských technologií, 2008.
- [13] *Zákon o střelných zbraních a střelivu č. 119/2002 Sb.* Praha, 2002, v aktuálním znění.
- [14] *Zákon o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů a o zacházení s některými pyrotechnickými výrobky č. 156/2000 Sb.* Praha, 2000.
- [15] *Vyhláška, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů a o zacházení s některými pyrotechnickými výrobky č.335/2004 Sb.* Praha, 2004.
- [16] Prototypa s.r.o., Interní výrobní a technická dokumentace. Brno, 2015.
- [17] ČSN 39 5020 *Náboje a vývrty hlavní-Rozměry, tlaky a energie: Technické požadavky. Zkoušení*. Praha: ÚNMZ, 2014.
- [18] ČSN 39 5061 *Kontrolní referenční měřidla nábojových komor ručních palných zbraní*. Praha: Federální úřad pro normalizaci a měření, 1993.
- [19] ČSN 25 3101 *Hladké kalibry pro díry a hřídele: Technické předpisy*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1986.
- [20] ČSN 25 3102 *Kalibry hladké pro rozměry do 500mm: Mezní úchytky. Technické předpisy*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1986.

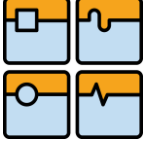
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 65
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- [21] ČSN 39 5060 *Zbraně pro civilní potřebu: Kontrolní referenční měřidla uzamykacích vůlí ručních palných zbraní*. Praha: Federální úřad pro normalizaci a měření, 1992.
- [22] ČSN 39 5005 *Zkoušení civilních palných zbraní*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [23] *Technologie strojního obrábění kovů a broušení nástrojů: Druhy výstružníku* [online].[cit. 2015-03-08]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/rubriky/geometrie-nastroju/geometrie-vystruzniku/>
- [24] LOUTOCKÝ, Petr. *Analýza konstrukce a funkce stroje na drážkování hlavní*. Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 121s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Róbert Jankových, CSc.
- [25] HIGLEY, J. a V. BRIGGS. *Notes on Hammer Forget Barrels*. Purdue University Calumet, Hammond.
- [26] *Kanelace a rovnání hlavní kulových zbraní: Kontrola přímosti hlavní stínovou metodou a rovnání hlavní malorážových zbraní* [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.loveckeforum.info/viewtopic.php?f=2>
- [27] WHITEHOUSE, S. J. *Handbook of Surface Metrology*. Leicester: Rank Taylor Hobson Ltd., 1994.
- [28] IMECO S.R.O. *Technický popis a specifikace bezdotykového 3D optického profilometru Talysurf CCI Lite*. Brno, 2012.
- [29] NOVÁK, Zdeněk. Interferometrická měření v nanometrologii. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: Vogel Publishing, 2010, (10) [cit. 2015-04-03]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/interferometricka-mereni-v-nanometrologii.html>. *MM Průmyslové spektrum*.
- [30] TAYLOR HOBSON LTD. *Surtronic 25: Příručka uživatele* [online]. K505/125-01 Vydání 1. Unit 15 Barshaw Park, Leycroft Road, Beaumont Leys, Leicester, 2004 [cit. 2015-04-04].
- [31] Doc. Ing. JANKOVÝCH. R. CSc., *Přednáška: PRAKTICKÁ METROLOGIE - Metrologie textury povrchů I-VII*; Brno; 2015. zdroj: -podklady ÚVSSR pro studijní obor Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
- [32] BUMBÁLEK, B., V. ODVODY a B. OŠŤÁDAL. *Drsnost povrchu*. Praha: SNTL, 1989.
- [33] ČSN EN ISO 4287 *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: ÚNMZ, 1999.
- [34] ČSN EN ISO 25178-2 *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Plocha – Část 2: Termíny, definice a parametry textury povrchu*. Praha: ÚNMZ, 2012.
- [35] JANKOVÝCH, Róbert a Bohumil BUMBÁLEK. Výškové parametry textury povrchu. *MM Průmyslové spektrum*. Praha: Vogel Publishing, 2014 (10). ISSN 1212 2572. Dostupné také z: www.mmspektrum.com/clanek/vyskove-parametry-textury-povrchu.html



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Symbol/Zkratka	Název/Význam	Jednotka
D	Průměr vstupu do nábojové komory	[mm]
G	Průměr zahloubení pro okraj náboje	[mm]
T	Hloubka zahloubení pro okraj náboje	[mm]
H	Průměr u základny vrcholového kužele	[mm]
B	Průměr vývrtu hlavně	[mm]
α_1	Vrcholový úhel přechodového kužele	[°]
α	Úhel zahloubení pro okraj náboje	[°]
R	Poloměr zahloubení pro okraj náboje	[mm]
L	Délka nábojové komory	[mm]
K	Krytí zásahů	[%]
Z	Zhuštění zásahů	[-]
H	Tolerance pro výrobu kalibrů	[μ m]
z	Úchylka středu tolerančního pole dobré strany kalibru	[μ m]
y	Dovolená mez opotřebení dobré strany kalibru	[μ m]
D_{MIN}	Nejmenší rozměr obrobku	[mm]
D_{20}	Průměr vodící části vývrtu hlavně ráže 20	[mm]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
R_m	Pevnost v tahu	[MPa]
A_5	Tažnost	[%]
Z	Kontrakce	[%]
KCU_2	Vrubová houževnatost	[J/cm ²]
l_r	Základní délka	[mm]
l_n	Vyhodnocovaná délka	[mm]
R_a	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu	[μ m]
R_p	Největší výška výstupku profilu	[μ m]
R_v	Největší hloubka prohlubně profilu	[μ m]
R_z	Největší výška profilu	[μ m]
R_t	Celková výška profilu	[μ m]
R_{sk}	Šikmost posuzovaného profilu	[-]
R_{Sm}	Průměrná šířka prvků profilu	[mm, μ m]
S_a	Průměrná aritmetická výška posuzované plochy	[μ m]
S_q	Průměrná kvadratická výška posuzované plochy	[μ m]
S_p	Maximální výška výstupku posuzované plochy	[μ m]
S_v	Maximální hloubka prohlubně posuzované plochy	[μ m]
S_z	Maximální výška posuzované plochy	[μ m]
V_m	Objem materiálu	[mm ³ /mm ²]
V_{mc}	Objem materiálu jádra posuzované plochy	[mm ³ /mm ²]
V_{mp}	Objem materiálu výstupků posuzované plochy	[mm ³ /mm ²]
V_v	Prázdný objem	[mm ³ /mm ²]
V_{vc}	Prázdný objem jádra posuzované plochy	[mm ³ /mm ²]
V_{vv}	Prázdný objem údolí posuzované plochy	[mm ³ /mm ²]
b_{75}	Počet zásahů v kruhu o průměru 75cm	[-]
$b_{37,5}$	Počet zásahů v kruhu o průměru 37,5 cm	[-]
b_n	Počet průměrný počet broků v 5 nábojích	[-]
<i>např.</i>	například	
<i>tj.</i>	to jest	
<i>tzv.</i>	takzvaný	

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 67
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 Technické dodací podmínky

Příloha č. 2 Kontrolní zkoušky materiálu

Příloha č.3 Technické parametry měřicího přístroje Talysurf CCI

Příloha č. 4 Technické parametry měřicího přístroje Surtronic 25

Příloha č. 5 Vybrané parametry profilu drsnosti

Příloha č. 6 Vybrané výškové parametry textury povrchu

Příloha č. 7 Vybraný objemový parametr

Příloha č. 8 Statistické vyhodnocení naměřených dat

Příloha č. 9 Vzorek č. 1 – Data získaná bezkontaktní metodou měření

Příloha č. 10 Vzorek č. 1 – Data získaná kontaktní metodou měření

Příloha č. 11 Vzorek č. 2 – Data získaná bezkontaktní metodou měření

Příloha č. 12 Vzorek č. 2 – Data získaná kontaktní metodou měření

**Příloha č. 1 Technické dodací podmínky**

- ❖ Chemické složení použité oceli označené 15 142.8 musí odpovídat ČSN 41 5142 s výjimkou obsahu síry – S = 0,01-0,0025 %.
- ❖ Použití výběrových taveb s vyhovující mikročistotou a mikročistotou.
- ❖ Rozměry tyčí dodávané oceli:
 - Tyto technické podmínky platí pro tyče od $\varnothing 30$ do $\varnothing 50$ mm.
 - Tolerance dodávané tyčové oceli dle ČSN 42 5510 č. 2.
 - Délka tyčí dle objednávky.
- ❖ Tyčová ocel bude rovnaná a musí odpovídat ČSN 42 5510.12 tj. 0,25 % (2,5 mm/m) dovolené úchyly přímosti měřené délky. Dovolená deformace konců tyčí může být max. v délce rovné průměru tyče.
- ❖ Povrch tyčové oceli musí odpovídat ČSN 42 0220 tab., 3 tj. pro uvažované rozměry dovolená hloubka vad max. 1,2 mm.
- ❖ Mikrostruktura tyčové oceli musí být jemnozrná tvořená homogenním sorbitem bez přítomnosti volného feritu popř. feritického síťoví a bez výrazné pruhovitosti dle sjednaných etalonů. Hodnocení mikrostruktury se uvádí u atestu a je závazné.
- ❖ Průměrná mikročistota oceli musí být max. 2. stupeň podle ČSN 42 0240, žádné z hodnocených míst nesmí překročit st. 3.
- ❖ Vady jako staženiny, bubliny pórovitost, řediny, trhliny, vrstevnatost, vměstky a jiné necelistvosti nejsou dovoleny
 - Necelistvosti se ověřují stupňovou zkouškou. Na zkušebním vzorku se zhotovují 3 stupně. Rozměry stupňů pro jednotlivé průměry tyčí jsou uvedeny v tabulce 14.


Tabulka 14 Rozměry stupňů

Průměr tyče [mm]		Průměr stupňů [mm]			Délka jednotlivých stupňů [mm]
nad	do	1	2	3	
30	40	28	22	15	50
40	50	38	28	15	

- Množství vnitřních necelistvostí kontrolovaných stupňovou zkouškou nesmí překročit hodnoty uvedené v následující tabulce 15.

Tabulka 15 Množství vnitřních necelistvostí

Specifikace vad	Přípustné množství a délka vad
Celkové množství	5
Max. délka	5 mm
Úhrnná délka na celém vzorku	25 mm
Max. počet na jednom stupni	2
Úhrnná délka na jednom stupni	10 mm

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 69
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- Vady ležící na povrchové přímce se berou jako nepřerušené, je-li mezi nimi vzdálenost menší než 2 mm.
- Vady přecházející z jednoho stupně na druhý nejsou připuštěny.
- Vzorky stupňové zkoušky se kontrolují na elektromagnetickém defektoskopu.
- ❖ Mechanické vlastnosti ocelových tyčí musí mít tyto vlastnosti. Právě souhrn těchto vlastností určuje výchozí stav oceli, který označujeme jako 15 142.9.
 - Tvrdost dodávaných tyčí musí být po celé délce a průřezu v rozmezí 209-244 HB.
 - Mechanické vlastnosti ocelových tyčí: mez kluzu $R_e = \text{min. } 500 \text{ MPa}$; pevnost v tahu $R_m = 690-800 \text{ MPa}$; tažnost $A_5 = \text{min. } 17\%$; kontrakce $Z = \text{min. } 45\%$; vrubová houževnatost $KCU_2 = \text{min. } 70 \text{ J/cm}^2$.
- ❖ Značení tyčí musí obsahovat:
 - Značku oceli.
 - Stav tepelného zpracování.
 - Číslo tavby nebo krycí číslo tavby, které musí být dešifrováno v atestu.
 - Tyče budou barevně značeny dle ČSN 42 0010 u výrobce. [9]

**Příloha č. 2 Kontrolní zkoušky materiálu**

- ❖ Chemické složení použité oceli označené 15 142.8 musí odpovídat ČSN 41 5142 s výjimkou obsahu síry – S = 0,01-0,0025 %.
- ❖ Použití výběrových taveb s vyhovující mikročistotou a mikročistotou.
- ❖ Rozměry tyčí dodávané oceli:
 - Tyto technické podmínky platí pro tyče od Ø30 do Ø50 m.
 - Tolerance dodávané tyčové oceli dle ČSN 42 5510 č. 2.
 - Délka tyčí dle objednávky.
- ❖ Tyčová ocel bude rovnaná a musí odpovídat ČSN 42 5510.12 tj. 0,25 % (2,5 mm/m) dovolené úchyly přímosti měřené délky. Dovolená deformace konců tyčí může být max. v délce rovné průměru tyče.
- ❖ Povrch tyčové oceli musí odpovídat ČSN 42 0220 tab., 3 tj. pro uvažované rozměry dovolená hloubka vad max. 1,2 mm.
- ❖ Mikrostruktura tyčové oceli musí být jemnozrná tvořená homogenním sorbitem bez přítomnosti volného feritu popř. feritického síťoví a bez výrazné pruhovitosti dle sjednaných etalonů. Hodnocení mikrostruktury se uvádí u atestu a je závazné.
- ❖ Průměrná mikročistota oceli musí být max. 2. stupeň podle ČSN 42 0240, žádné z hodnocených míst nesmí překročit st. 3.
- ❖ Vady jako staženiny, bubliny pórovitost, řediny, trhliny, vrstevnatost, vměstky a jiné necelistvosti nejsou dovoleny.
 - Necelistvosti se ověřují stupňovou zkouškou. Na zkušebním vzorku se zhotovují 3 stupně. Rozměry stupňů pro jednotlivé průměry tyčí jsou uvedeny v tabulce 16.


Tabulka 16 Rozměry stupňů

Průměr tyče [mm]		Průměr stupňů [mm]			Délka jednotlivých stupňů [mm]
nad	do	1	2	3	
30	40	28	22	15	50
40	50	38	28	15	

- Množství vnitřních necelistvostí kontrolovaných stupňovou zkouškou nesmí překročit hodnoty uvedené v následující tabulce 17.

Tabulka 17 Množství vnitřních necelistvostí

Specifikace vad	Přípustné množství a délka vad
Celkové množství	5
Max. délka	5 mm
Úhrnná délka na celém vzorku	25 mm
Max. počet na jednom stupni	2
Úhrnná délka na jednom stupni	10 mm

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 71
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- Vady ležící na povrchové přímce se berou jako nepřerušené, je-li mezi nimi vzdálenost menší než 2 mm.
- Vady přecházející z jednoho stupně na druhý nejsou připuštěny.
- Vzorky stupňové zkoušky se kontrolují na elektromagnetickém defektoskopu.
- ❖ Mechanické vlastnosti ocelových tyčí musí mít tyto vlastnosti. Právě souhrn těchto vlastností určuje výchozí stav oceli, který označujeme jako 15 142.9.
 - Tvrdost dodávaných tyčí musí být po celé délce a průřezu v rozmezí 209-244 HB.
 - Mechanické vlastnosti ocelových tyčí: mez kluzu $R_e = \text{min. } 500 \text{ MPa}$; pevnost v tahu $R_m = 690-800 \text{ MPa}$; tažnost $A_5 = \text{min. } 17\%$; kontrakce $Z = \text{min. } 45\%$; vrubová houževnatost $KCU_2 = \text{min. } 70 \text{ J/cm}^2$.
- ❖ Značení tyčí musí obsahovat:
 - Značku oceli.
 - Stav tepelného zpracování.
 - Číslo tavby nebo krycí číslo tavby, které musí být dešifrováno v atestu.
 - Tyče budou barevně značeny dle ČSN 42 0010 u výrobce. [9]

*Příloha č. 3 Technické parametry měřicího přístroje Talysurf CCI*

Měřicí metoda	Koherenční korelační interferometrie (CCI)
Vertikální rozsah (Z)	Standardně 2,2 mm (>10mm s Z-spojováním)
Vertikální rozlišení [max.]	0,01 nm
Šumové pozadí (Z)	<0,08 nm (na vyrovnané ploše)
Reprodukovatelnost povrchu RMS (Z)	<0,02 nm (na vyrovnané ploše)
Max. plocha měření (X, Y)[max.]	1,65x1,65 mm (objektiv Mirau 10x)
Počet měřených bodů	1024 x 1024 standard
Optické rozlišení (X, Y)[max.]	0,4 - 0,6 μm (objektiv Mirau 50x)
Reprodukovatelnost výšková	<0,1%
Odrazivost povrchu	0,3% - 100%
Čas měření	5-40 vteřin (obvykle, na vyrovnané ploše)
Nainstalované objektivy	10x, 20x, 50x (Mirau)

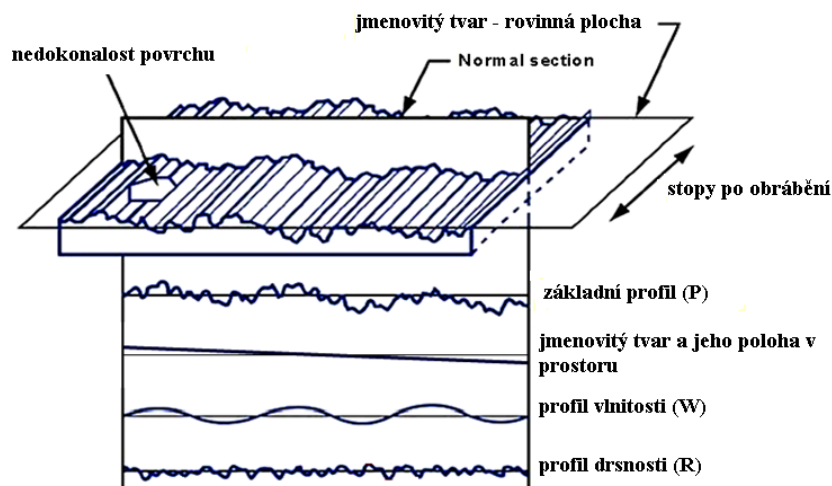
*Příloha č. 4 Technické parametry měřicího přístroje Surtronic 25*

Pick-up			
Gauge range	300µm (0.012in)		
Resolution	0.01µm (0.04µin)		
Accuracy	2% of reading + LSD µm		
Pick up type	Inductive		
Gauge force	150-300mg		
Diamond stylus	Tip radius 5µm (200µin) unless otherwise specified		
Instrument			
Cut off value	0.25, 0.8, 2.5 (0.01, 0.03, 0.1)		
Filter	2CR or gaussian (selectable)		
Traverse length	0.25-25mm (0.01-0.98in)		
Traverse speed	1mm/sec (0.04in/sec)		
Display units	µm / µin		
Data output	RS232		
Power	9V battery or mains (optional)		
Parameters			
Ra, Rz, Rt, Rp, Rmr, Rpc, Rsm, Rz1max, Rsk, Rda			
Storage Capacity			
100 measurement results			
Dimensions			
Overall dimensions	127x85x60mm (5x3.35x2.4in)		
Weight	450gm (1Lb)		
Nominal operating conditions			
Temperature	5-40°C (41-104°F)		
Humidity	0 to 80% non condensing		
Storage conditions			
Temperature	0 to 50°C (32°F to 122°F)		
Humidity	0 to 80% non condensing		
Taylor Hobson pursues a policy of continual improvements due to technical development in all their instruments. We therefore reserve the right to depart from catalogue specifications.			



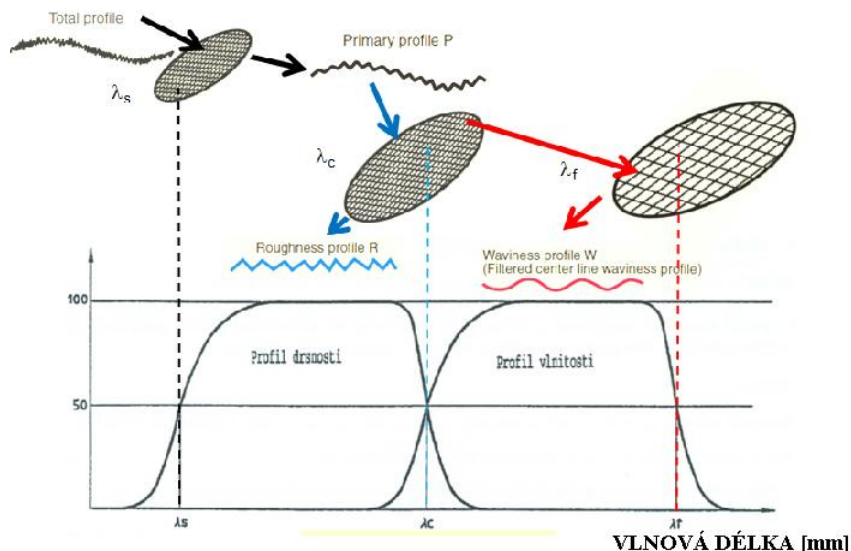
Příloha č. 5 Vybrané parametry profilu drsnosti

Profil drsnosti společně s profilem vlnitosti, jmenovitým tvarem a polohou v prostoru tvoří základní profil povrchu (P), viz (obr. 1).



Obr. 1 Skladba základního profilu [31]

Profil drsnosti (R) vzniká odvozením ze základního profilu potlačením dlouhovlnných složek použitím filtru λ_c . Částí základního profilu, je profil vlnitosti (W), který vzniká odvozením při použití filtrů profilu λ_f a λ_c na základní profil, které potlačují dlouhovlnné složky λ_f a krátkovlnné složky λ_c (obr. 2). Poslední součástí tvořící základní profil povrchu je jeho jmenovitý tvar a jeho poloha v prostoru, které však postrádá označení. [31]



Obr. 2 Filtry λ_f, λ_c ; [31]

I když je základní profil tvořen již zmíněnými dílčími profily, které společně poskytují jeho komplexní obraz povrchu, byl pro jeho prezentaci vybrán profil drsnosti. Důvodem je, vžitě používání jeho některých parametrů v průmyslové praxi, z čehož vyplývá možnost snáze porozumět získaným výsledkům a jejich interpretaci.

Profil drsnosti povrchu se skládá z několika skupin parametrů. Mezi ně patří výškové (výstupky a prohlubně, průměrné hodnoty pořadnic), délkové a křivkové



parametry, které dohromady charakterizují profil drsnosti povrchu, a které jsou označovány počátečním písmenem R a dále doplňkovými písmeny či znaky, které ukazují, co příslušný parametr znamená. [31]

I přes fakt, že všechny tyto skupiny parametrů mají být uváděny společně, a tak podávat detailní informace o analyzované oblasti, bývá ve strojírenské praxi upřednostňován zejména jeden určitý parametr profilu drsnosti nejčastěji R_a . Z tohoto důvodu se tato část pojednávající o parametrech drsnosti zaměří nejen na již zmíněný parametr R_a , ale také na některé vybrané výškové parametry profilu drsnosti, které společně podávají lepší představu o celkovém stavu profilu drsnosti. [32] Tyto výškové parametry drsnosti dále budou doplněny o délkový parametr drsnosti R_{Sm} .

Prvním z vybraných parametrů profilu drsnosti je již výše zmíněný parametr R_a [μm], který vyjadřuje aritmetický průměr absolutních hodnot souřadnic (pořadnic) $Z(x)$ v rozsahu základní délky viz (obr. 3). [31,33]

$$R_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx \quad [\mu\text{m}] \quad (3)$$



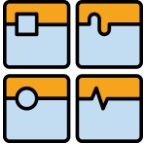
Obr. 3; (upraveno dle [31])

Dalším vybraným parametrem je parametr R_z [μm], který vyjadřuje největší výšku profilu. Přičemž parametr R_z je součtem výšky (Z_p) nejvyššího výstupku profilu (parametr R_p) a hloubky (Z_v) nejnižší prohlubně profilu (parametr R_v) v rozsahu základní délky viz (obr. 4). [31,33]

$$R_z = R_p + R_v \quad [\mu\text{m}] \quad (4)$$



Obr. 4; (upraveno dle [31])



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Parametr R_p [μm] vyjadřuje největší výšku výstupku profilu. Přičemž největší výška výstupku profilu R_p je výška nejvyššího výstupku profilu Z_p v rozsahu základní délky, viz (obr. 5). [31,33]

$$R_p = \max(Z_{p_i}) \quad [\mu\text{m}] \quad (5)$$



Obr. 5; (upraveno dle [31])

Parametr R_v [μm] vyjadřuje největší hloubku prohlubně profilu. Přičemž největší hloubka prohlubně profilu R_v je hloubka Z_v maximální (nejnižší) prohlubně profilu v rozsahu základní délky, viz (Obr. 6). [31,33]

$$R_v = \max(Z_{v_i}) \quad [\mu\text{m}] \quad (6)$$



Obr. 6; (upraveno dle [31])



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Parametr R_t [μm] vyjadřuje celkovou výšku profilu, která je součtem výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu vyhodnocované délky (obr. 7). [31,33]

$$Z_p = \max(Z_{p_i}) \text{ } [\mu\text{m}]; \quad Z_v = \max(Z_{v_i}) \text{ } [\mu\text{m}]; \quad R_t = Z_p + Z_v \text{ } [\mu\text{m}] \quad (7,8,9)$$



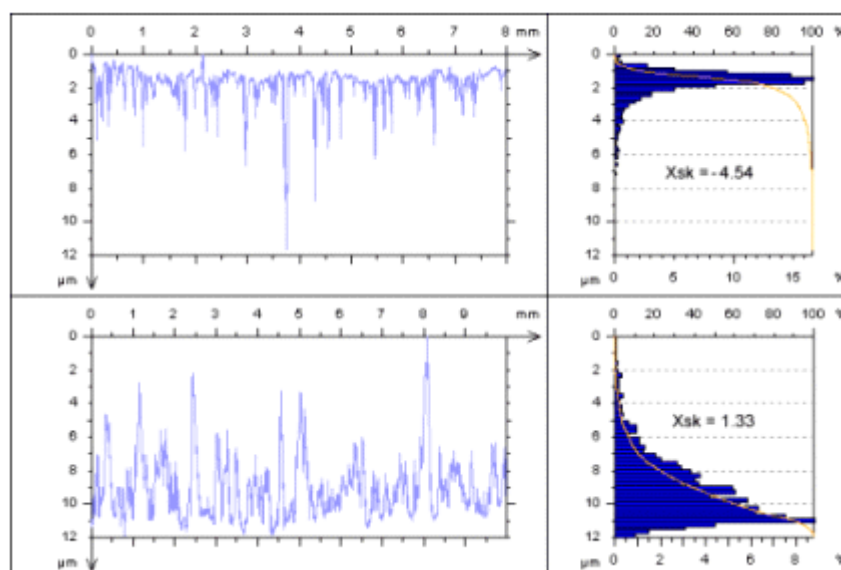
Obr. 7; (upraveno dle [31])

Parametr R_{sk} [-], který vyjadřuje šikmost posuzovaného profilu je podílem průměrné hodnoty třetích mocnin souřadnic (pořadnic) $Z(x)$ a třetí mocniny hodnoty R_q v rozsahu základní délky (Obr. 8). [31,33]

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \left[\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} Z^3(x) dx \right] \quad (10)$$



Obr. 8; [31]



Obr. 9; a) $R_{sk} = -4,54$; b) $R_{sk} = +1,33$; [31]




Číselné hodnoty parametru šikmosti udávají, jak se funkce hustoty pravděpodobnosti souřadnic (pořadnic) $Z(x)$, posouvá buď k vrcholům – to v případě pohybuje-li se hodnota parametru Rsk v záporných hodnotách, nebo k prohlubním – to v případě pohybuje-li se hodnota parametru Rsk v kladných hodnotách, viz obr.9 [24]. V případě jedná-li se o souměrný profil vykazující nulovou nebo mírnou asymetrii se bude hodnota parametru Rsk rovnat nule nebo se bude od nulové hodnoty jen nevýrazně lišit. [3,24]

Posledním doplňujícím parametrem je RSm [mm], který patří do skupiny délkových parametrů a který vyjadřuje průměrnou šířku prvků profilu. Je prezentován aritmetickým průměrem šířek Xs prvků profilu v rozsahu základní délky (obr. 10).



Obr. 10; (upraveno dle [31])

Parametr RSm vyžaduje výškové a délkové omezení, např. omezení výšek je 10% Rz , omezení roztečí 1% základní délky. [31,33]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 79
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Příloha č. 6 Vybrané výškové parametry textury povrchu

Zahrnutí plošných parametrů mezi vyhodnocovaná data přináší zcela jiný pohled na stav textury zájmového povrchu. Až dosud preferované hodnocení textury vycházelo převážně z výškových parametrů, jejichž charakter není plošný, ale pouze přímkový.

Při pokusu o popis zájmové plochy pomocí výškových parametrů se tedy logicky nabízela metoda, při níž bylo použito několik rovnoběžných měření přímkového charakteru, která byla prováděna v konstantní vzdálenosti, čímž mělo dojít k zajištění rovnoměrného pokrytí zájmové plochy. Tímto způsobem byla získána data, která umožňovala získat přibližnou představu o stavu zájmového povrchu. Nicméně tím, že bylo provedeno relativně malé množství měření, docházelo ke vzniku nepřesností hodnocení zájmového povrchu.

Tuto nepříjemnost lze obejít v tomto konkrétním případě už pouhou volbou měřicí metody, která umožní získání 3D modelu (snímku) zájmové plochy a pomocí softwarového vybavení aplikaci výpočtu hodnot plošných parametrů textury. Tento přístup je-li správně proveden, umožňuje získat hodnoty plošných parametrů, které jsou zatíženy jen nepatrnou nepřesností.

V rámci této přílohy tedy budou uvedeny vybrané plošné parametry textury a to zejména ty, které svojí povahou korespondují s již výše uvedenými výškovými parametry. Dalším rovněž velmi důležitým faktem jsou definice vybraných plošných parametrů, kdy byly uvedeny nejprve definice uvedených parametrů pocházející z odborného článku [34], ke kterým byly doplněny definice obsažené v technické normě [35].

Prvním vybraným plošným parametrem je parametr S_a [μm], který představuje průměrnou aritmetickou výška posuzované plochy – tato definice nahrazuje v rámci této přílohy původní, kterou uvádí [35] a jejíž původní znění je: aritmetický průměr absolutních hodnot koordinace uvnitř určené plochy A. [31,34,35]

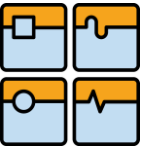
$$S_a = \frac{1}{|A|} \iint_A |z(x,y)| dx dy \quad [\mu\text{m}] \quad (11)$$

Parametr S_a je podobný parametru R_a , nicméně se nejedná o totožné parametry a tak musí být hodnoceny odděleně a jejich hodnoty by neměly být přímo srovnávány ($R_a = 0,8 \mu\text{m} \neq S_a = 0,8 \mu\text{m}$). [31]

Dalším vybraným parametrem je parametr S_q [μm], který představuje průměrnou kvadratickou výšku posuzované plochy – tato definice nahrazuje v rámci této přílohy původní, kterou uvádí [35] a jejíž původní znění je: vymezení průměrné hodnoty čtverce hodnot koordinace uvnitř plochy definice A. [31,34,35]

$$S_q = \sqrt{\frac{1}{|A|} \iint_A |z^2(x,y)| dx dy} \quad [\mu\text{m}] \quad (12)$$

Následujícím parametrem je S_z [μm], který je součtem dvou parametrů S_p a S_v , které tak představují maximální výšku posuzované plochy – tato definice nahrazuje v rámci této přílohy původní, kterou uvádí [35] a jejíž původní znění

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 80
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

je: součet maximální hodnoty výšky piku a maximální hodnoty hloubky prohlubně uvnitř určené plochy. [31,34,35]

$$S_z = S_p + S_v \quad [\mu\text{m}] \quad (13)$$

Parametr S_p [μm] představuje maximální výšku výstupku posuzované plochy – tato definice nahrazuje v rámci této přílohy původní, kterou uvádí [35] a jejíž původní znění je: největší hodnota piku uvnitř určené plochy. [31,34,35]

$$S_p = \max \{z_p(x,y)\} \quad [\mu\text{m}] \quad (14)$$

Parametr S_v [μm] představuje maximální hloubku prohlubně posuzované plochy – tato definice nahrazuje v rámci této přílohy původní, kterou uvádí [35] a jejíž původní znění je: hloubka prohlubně uvnitř určené plochy zmenšená o její nejmenší hodnotu. [31,34,35]

$$S_v = \max \{|z_v(x,y)|\} \quad [\mu\text{m}] \quad (15)$$

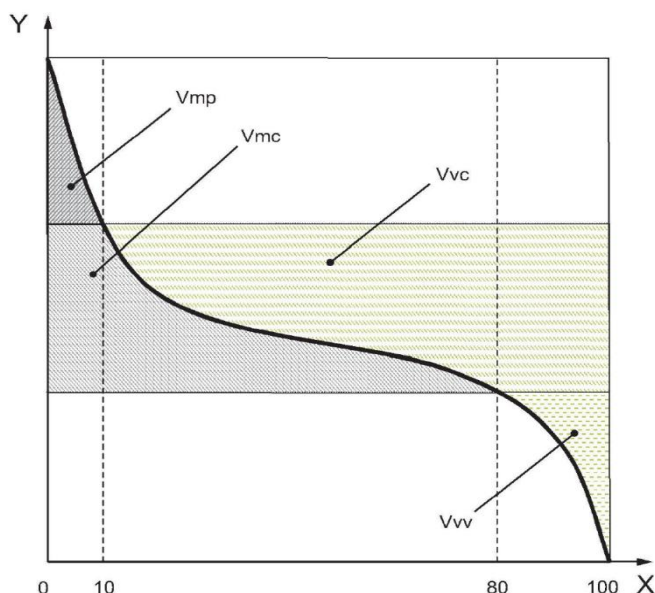
*Příloha č. 7 Vybraný objemový parametr*

Definice podle [35]. $V_v(p)$, $V_v(p)$ je nazýván jako neplatný objem, jehož definice zní: Objem neplatné jednotkové plochy v daném poměru materiálu vypočtený z poměru materiálu plochy křivky

$$V_v(p) = \frac{K}{100\%} \int_p^{100\%} [S_{mc}(p) - S_{mc}(q)] dq \quad [\text{mm}^3/\text{mm}^2] \quad (16)$$

, kde K je konstanta pro převod mm na metry na druhou.

Navržená úprava překladu je prázdný objem V_v [mm^3/mm^2]. Jedná se o objem materiálu potřebného na vyplnění všech nedokonalostí povrchu. Prázdný objem V_v lze viz (obr. 11) definovat jako oblast nad křivkou. (definice podle [31])



Obr. 11 Znáornění prázdného objemu materiálu [31]



Příloha č. 8 Statistické vyhodnocení naměřených dat

Pro vyhodnocování dat získaných při měřeních všech zájmových ploch oběma měřicími metodami byly, aplikovány dvě metody vyhodnocení.

První již výše zmíněnou metodou je srovnávání. To se vzhledem k povaze vyhodnocovaných dat stává hlavní metodou použitou pro všechny typy dat. Podstatným rozdílem zde zůstává způsob, jakým jsou pak jednotlivé typy dat srovnávány. Zde je možno nalézt dva, a oba již výše zmíněné. Jako první se nabízí srovnání vizuální (3D modely, základní profily, atd.) a druhým je srovnání číselných hodnot jednotlivých skupin parametrů, z nichž však vybočuje skupina parametrů drsnosti, u kterých se při jejich srovnávání přidává druhá metoda.

Druhou metodou je již zmíněná statistika, či spíše její aplikace, která poskytuje výsledné hodnoty tolik potřebné pro metodu srovnání.

Pro již zmíněnou skupinu parametrů drsnosti byly z hlediska statistického zpracování získaných dat voleny níže uvedené číselné (empirické) charakteristiky. [2] Ty byly vybrány z prostého důvodu. Data získaná bezkontaktním měřením mohou být (a jsou) statisticky zpracována již v softwaru pro jejich zpracování, který je již výše jmenován, a který poskytuje právě tyto číselné charakteristiky. Data získaná kontaktním měření je nutné zpracovat stejným způsobem a výpočtem zjistit hodnoty pro totožné číselné charakteristiky. Tento postup ve výsledku umožní porovnání získaných dat z obou měřících metod.

První charakteristikou je aritmetický průměr, který patří mezi základní charakteristiky polohy statistického souboru dat. Při jeho výpočtu se postupuje podle vztahu: [2]

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (17)$$

Další charakteristikou je výběrová směrodatná odchylka, která patří mezi charakteristiky proměnlivosti (variability). Přičemž její výpočet vychází z výpočtu výběrového rozptylu. Přičemž při výpočtu směrodatné odchylky jsou (mohou) být použity oba vzorce: [2]

-rozptyl

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - \bar{x}^2 \quad (18)$$

-směrodatná odchylka

$$s = \sqrt{s^2} \quad (19)$$

Poslední charakteristikou statistického souboru dat je jeho rozpětí (19), které vyjadřuje jeho délku (velikost). Je to rozdíl jeho maximální x_{\max} a minimální hodnoty x_{\min} daného intervalu. V tomto případě však nebude uveden rozpětí statistického souboru, ale pouze samotné hodnoty maxima a minima. [2]

$$x_{\max} - x_{\min} \quad (19)$$

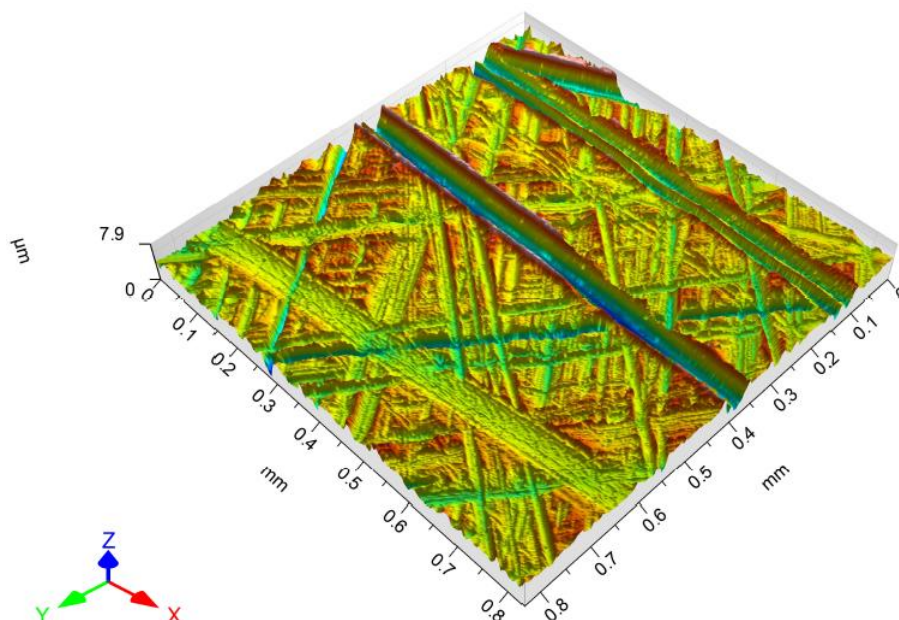
Závěrem je možné podotknout, že metoda srovnáváním je v této práci zde dominantní, avšak ve výše specifické oblasti je podpořena metodou statistického zpracování dat.



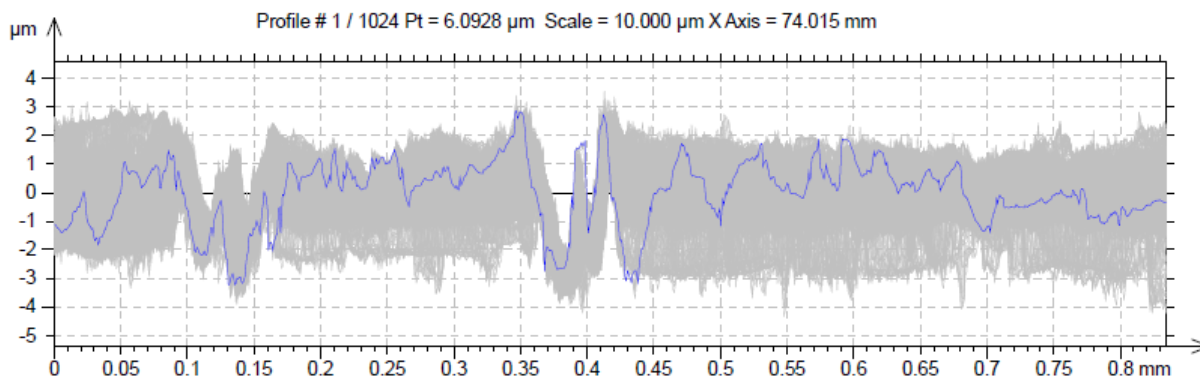
Příloha č. 9 Vzorek č. 1 – Data získaná bezkontaktní metodou měření

MB I

3D model textury povrchu:



Profily drsnosti:



Parametry drsnosti:

VZOREK č. 1 - MB I (cut-off: $l_r = 0,8$ mm; $l_n = 4,00$ mm)				
PARAMETRY	MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [µm]	0,6940500	0,0786960	0,5560800	0,8736700
R_{Sm} [mm]	0,0481540	0,0092782	0,0243140	0,0804790
R_z [µm]	5,4763000	0,6432200	4,2070700	6,8731000
R_t [µm]	5,4903000	0,6385300	4,2707000	6,8731000
R_{sk} [-]	-0,6221900	0,3497500	-1,3386000	0,1053400
R_p [µm]	2,3966000	0,3944700	1,3683000	3,3356000
R_v [µm]	3,0797	0,35158	3,1295	6,289



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Plošné parametry:

VZOREK č. 1 - MB I	
PARAMETR	[μm]
<i>S_a</i>	0,725110
<i>S_q</i>	0,975270
<i>S_p</i>	3,477000
<i>S_v</i>	4,498400
<i>S_z</i>	7,975400

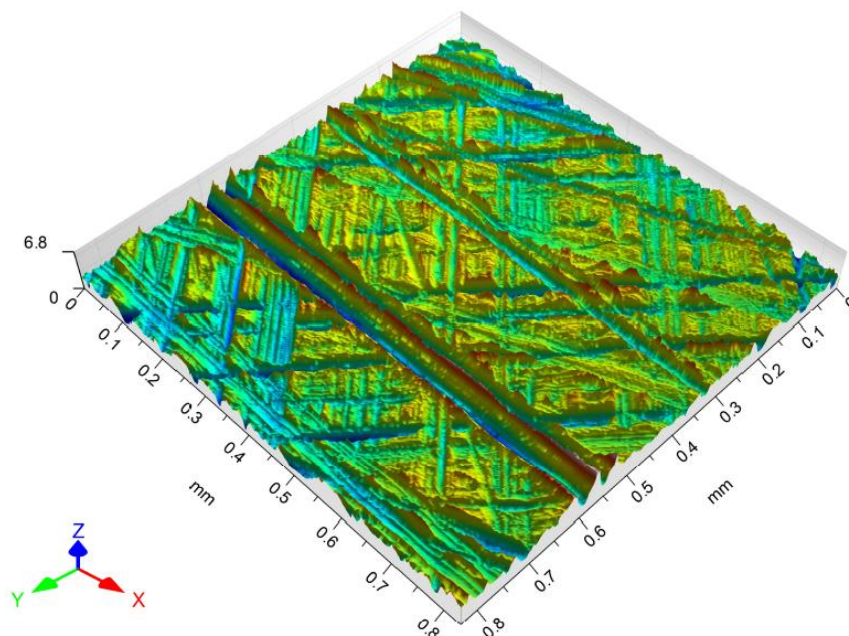
Objemové parametry:

VZOREK č. 1 - MB I	
PARAMETR	[mm^3/mm^2]
<i>V_m</i>	4.9873e-005
<i>V_{mc}</i>	0,00073373
<i>V_{mp}</i>	4.9873e-005
<i>V_v</i>	0,0011256
<i>V_{vc}</i>	0,00096409
<i>V_{vv}</i>	0,00016156

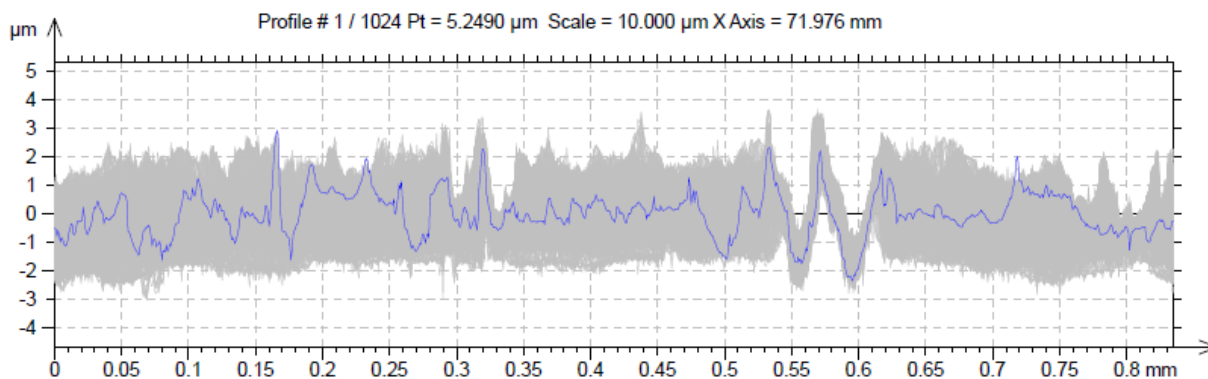


MB 1

3D model textury povrchu:



Profily drsnosti:



Parametry drsnosti:

VZOREK č. 1 - MB 1 (cut-off: $l_r = 0,8 \text{ mm}$; $l_n = 4,00 \text{ mm}$)				
PARAMETRY	MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [μm]	0,59457	0,048644	0,50441	0,75545
R_{Sm} [mm]	0,036342	0,008466	0,019968	0,061486
R_z [μm]	4,6777	0,27478	3,9629	5,9286
R_t [μm]	4,684700	0,278650	3,9629	5,9286
R_{sk} [-]	0,032689	0,291540	-0,01819	1,0201
R_p [μm]	2,592	0,2924	1,8196	3,4596
R_v [μm]	2,0857	0,22146	1,5784	2,6927



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Plošné parametry:

VZOREK č. 1 - MB 1	
PARAMETR	[μm]
Sa	0,646950
Sq	0,822550
Sp	0,896300
Sv	2,957700
Sz	6,854100

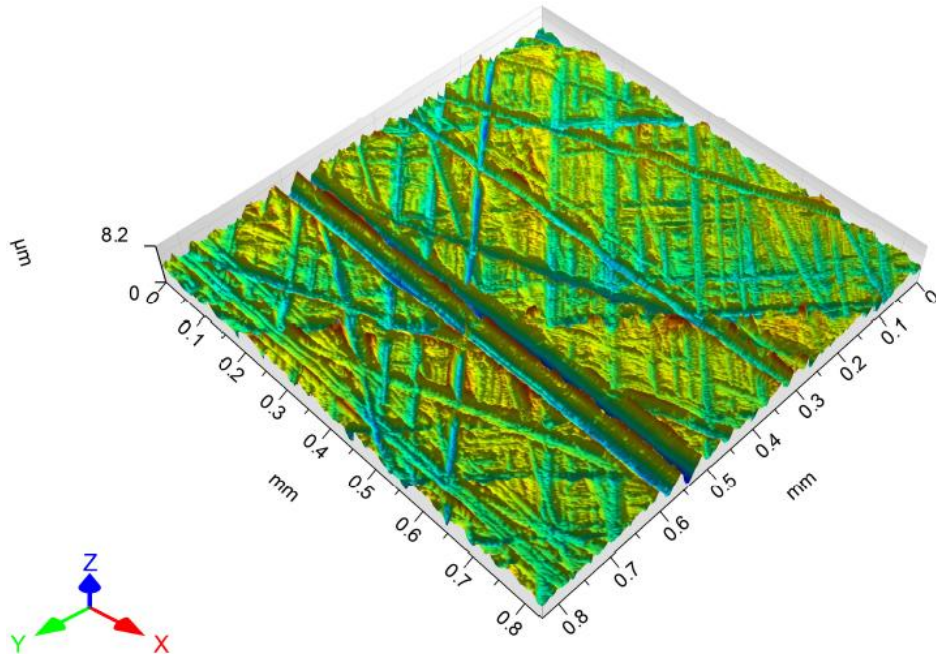
Objemové parametry:

VZOREK č. 1 - MB 1	
PARAMETR	[mm^3/mm^2]
Vm	$4,3069 \cdot 10^{-5}$
Vmc	0,00073458
Vmp	$4,3069 \cdot 10^{-5}$
Vv	0,0010377
Vvc	0,00093831
Vvv	$9,935 \cdot 10^{-5}$

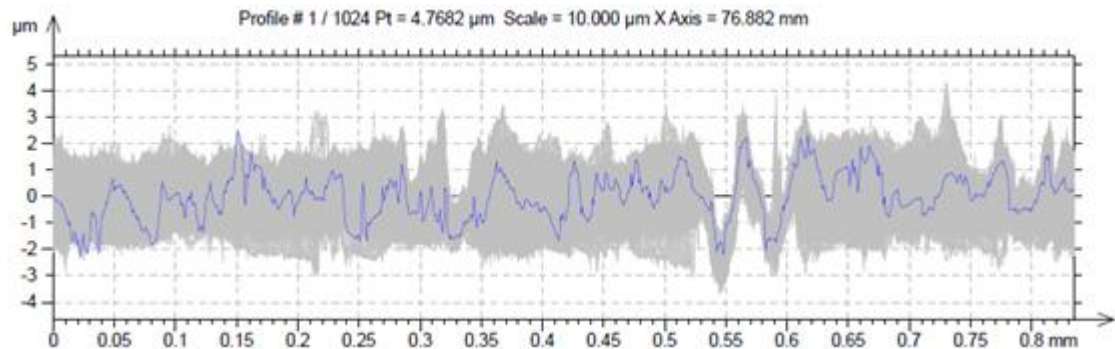


MB 8

3D model textury povrchu:



Profily drsnosti:



Parametry drsnosti:

VZOREK č. 1 - MB 8 (cut-off: $l_r = 0,8$ mm; $l_n = 4,00$ mm)				
PARAMETRY	MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [μm]	0,633400	0,044417	0,52957	0,76454
R_{Sm} [mm]	0,036624	0,0067457	0,022319	0,057074
R_z [μm]	5,1453	0,51062	3,7098	6,7241
R_t [μm]	5,153600	0,503110	3,7098	6,7241
R_{sk} [-]	-0,210460	0,301750	-0,90157	0,61778
R_p [μm]	2,560600	0,357680	1,5753	4,0433
R_v [μm]	2,5847	0,42296	1,6758	3,5865



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Plošné parametry:

VZOREK č. 1 - MB 8	
PARAMETR	[μm]
<i>S_a</i>	0,663770
<i>S_q</i>	0,847270
<i>S_p</i>	4,475800
<i>S_v</i>	3,744700
<i>S_z</i>	8,220600

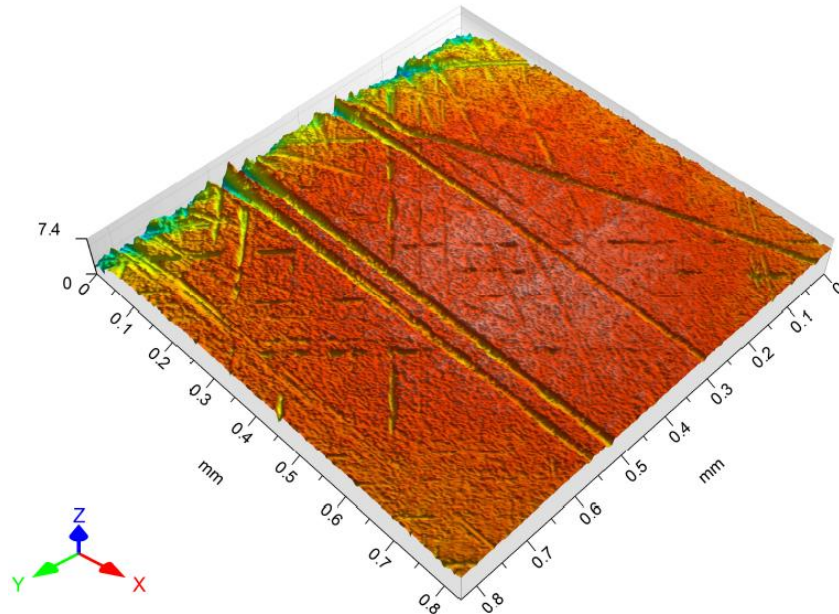
Objemové parametry:

VZOREK č. 1 - MB 8	
PARAMETR	[mm^3/mm^2]
<i>V_m</i>	$4,117 \cdot 10^{-5}$
<i>V_{mc}</i>	0,00073513
<i>V_{mp}</i>	$4,117 \cdot 10^{-5}$
<i>V_v</i>	0,0010792
<i>V_{vc}</i>	0,00097306
<i>V_{vv}</i>	0,00010609

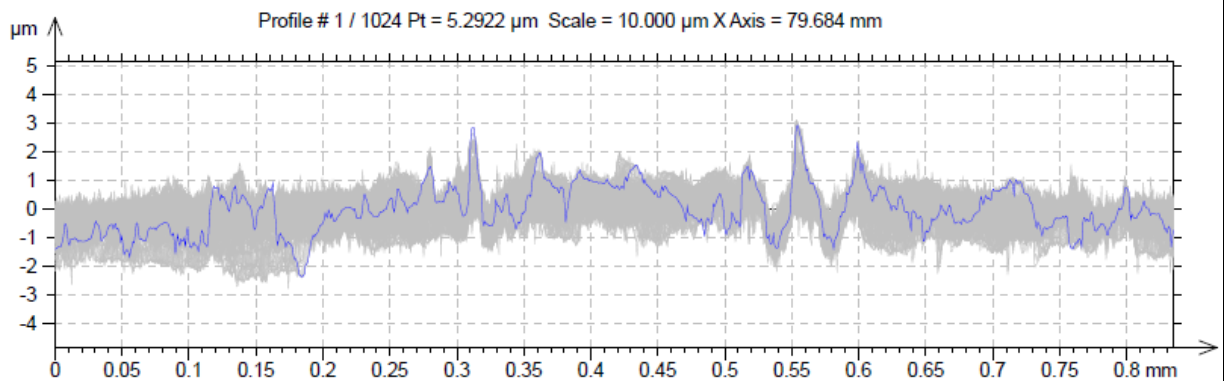


MB 12

3D model textury povrchu:



Profily drsnosti:



Parametry drsnosti:

VZOREK č. 1 - MB 12 (cut-off: $l_r = 0,8$ mm; $l_n = 4,00$ mm)				
PARAMETRY	MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [μm]	0,233190	0,000910	0,12655	0,59036
R_{Sm} [mm]	0,025473	0,0073207	0,014835	0,05824
R_z [μm]	2,084800	0,668190	1,0639	4,9153
R_t [μm]	2,090000	0,665270	1,0639	4,9153
R_{sk} [-]	-1,241800	0,421400	-2,31	0,39413
R_p [μm]	0,787530	0,368290	0,34758	2,8241
R_v [μm]	1,29	0,35562	0,58009	2,4216



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Plošné parametry:

VZOREK č. 1 - MB 12	
PARAMETR	[μm]
<i>S_a</i>	0,488060
<i>S_q</i>	0,733890
<i>S_p</i>	1,960500
<i>S_v</i>	5,473100
<i>S_z</i>	7,433600

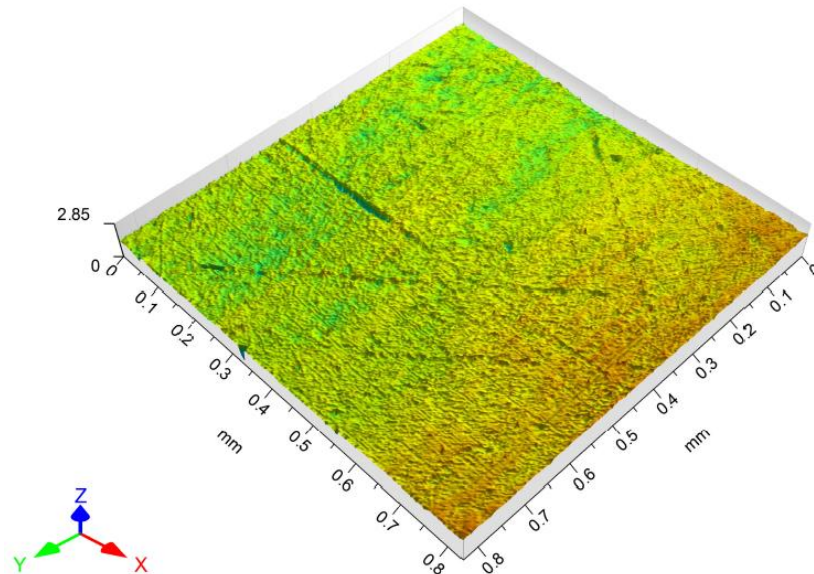
Objemové parametry:

VZOREK č. 1 - MB 12	
PARAMETR	[mm^3/mm^2]
<i>V_m</i>	$1,0789 \cdot 10^{-5}$
<i>V_{mc}</i>	0,00042695
<i>V_{mp}</i>	$1,0789 \cdot 10^{-5}$
<i>V_v</i>	0,0006078
<i>V_{vc}</i>	0,00043026
<i>V_{vv}</i>	0,00017754

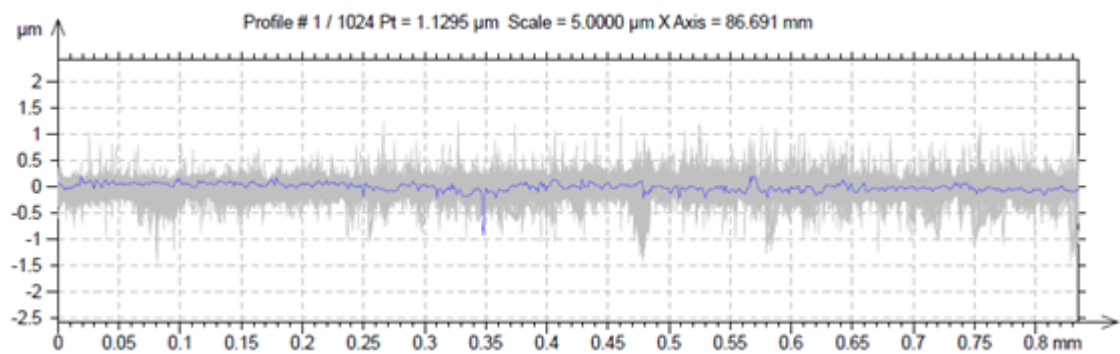


MB 22

3D model textury povrchu:



Profily drsnosti:



Parametry drsnosti:

VZOREK č. 1 - MB 22 (cut-off: $l_r = 0,25$ mm; $l_n = 1,25$ mm)				
PARAMETRY	MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [μm]	0,048986	0,005973	0,032401	0,06664
R_{Sm} [mm]	0,016045	0,0024467	0,011394	0,029182
R_z [μm]	0,568860	0,124810	0,3148	1,2828
R_t [μm]	0,877630	0,279920	0,37839	2,0991
R_{sk} [-]	-0,675050	0,781410	-3,3868	2,2613
R_p [μm]	0,242350	0,076794	0,11207	0,63591
R_v [μm]	0,32651	0,095776	0,1275	0,67484



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Plošné parametry:

VZOREK č. 1 - MB 22	
PARAMETR	[μm]
<i>S_a</i>	0,147200
<i>S_q</i>	0,178200
<i>S_p</i>	1,341800
<i>S_v</i>	1,557900
<i>S_z</i>	2,899700

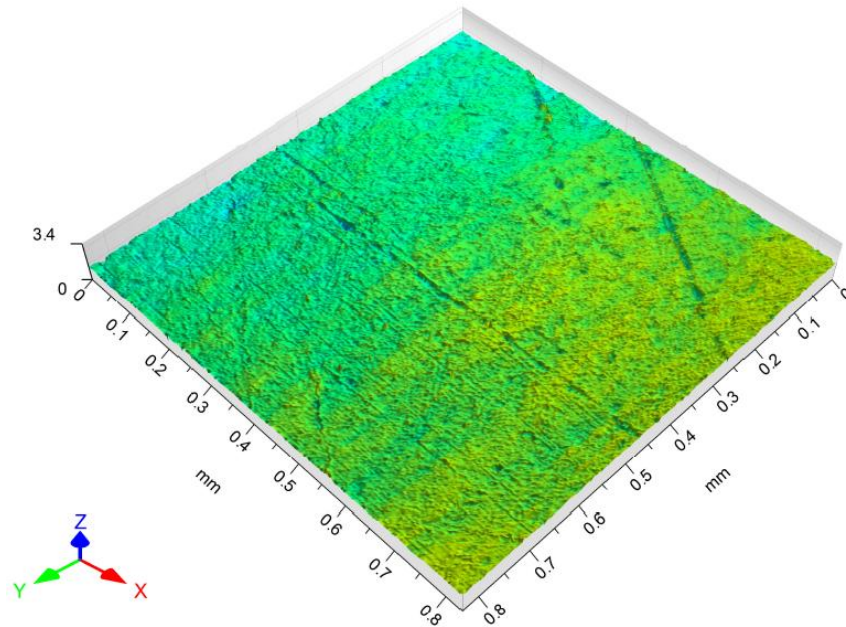
Objemové parametry:

VZOREK č. 1 - MB 22	
PARAMETR	[mm^3/mm^2]
<i>V_m</i>	$6,2311 \cdot 10^{-6}$
<i>V_{mc}</i>	0,01564
<i>V_{mp}</i>	$6,2311 \cdot 10^{-6}$
<i>V_v</i>	0,00026451
<i>V_{vc}</i>	0,00025087
<i>V_{vv}</i>	$1,3643 \cdot 10^{-5}$

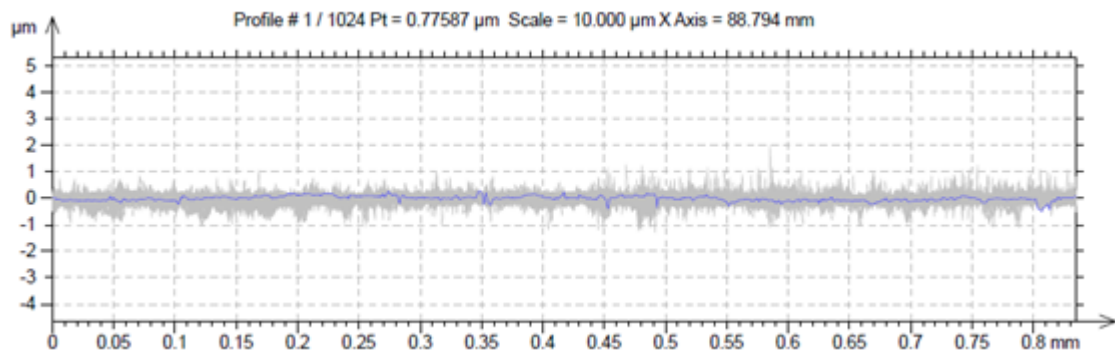


MB 25

3D model textury povrchu:



Profily drsnosti:



Parametry drsnosti:

VZOREK č. 1 - MB 25 (cut-off: $l_r = 0,25$ mm; $l_n = 1,25$ mm)				
PARAMETRY	MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [μm]	0,044244	0,004814	0,032376	0,05913
R_{Sm} [mm]	0,017577	0,0029605	0,011205	0,031628
R_z [μm]	0,535000	0,123460	0,26762	1,0528
R_t [μm]	0,803360	0,239380	0,31445	2,2437
R_{sk} [-]	-0,640810	0,857110	-3,5167	2,7688
R_p [μm]	0,232330	0,079235	0,10541	0,76812
R_v [μm]	0,30267	0,091157	0,13197	0,75278



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Plošné parametry:

VZOREK č. 1 - MB 25	
PARAMETR	[μm]
S_a	0,141070
S_q	0,166430
S_p	1,995800
S_v	1,428500
S_z	3,424300

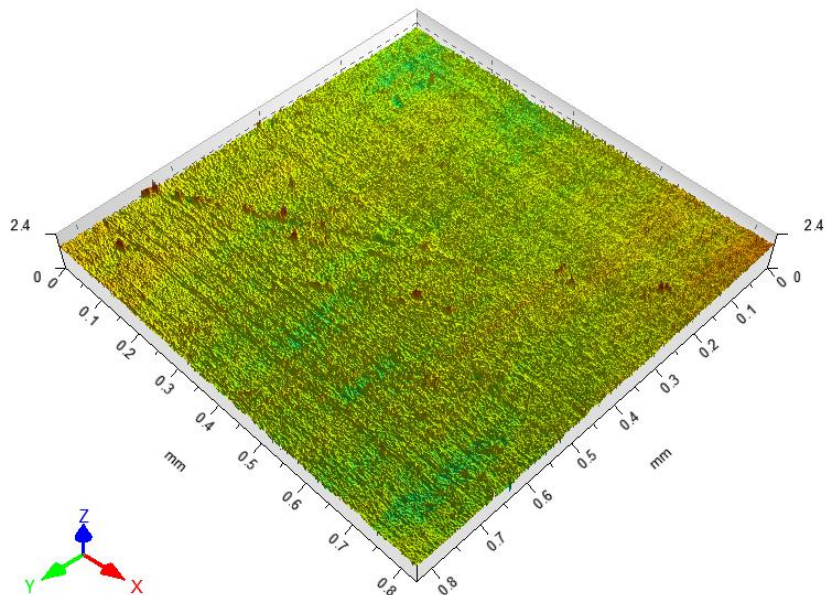
Objemové parametry:

VZOREK č. 1 - MB 25	
PARAMETR	[mm^3/mm^2]
V_m	$5,0678 \cdot 10^{-6}$
V_{mc}	0,00016512
V_{mp}	$5,0678 \cdot 10^{-6}$
V_v	0,00022012
V_{vc}	0,00020532
V_{vv}	$1,4801 \cdot 10^{-5}$

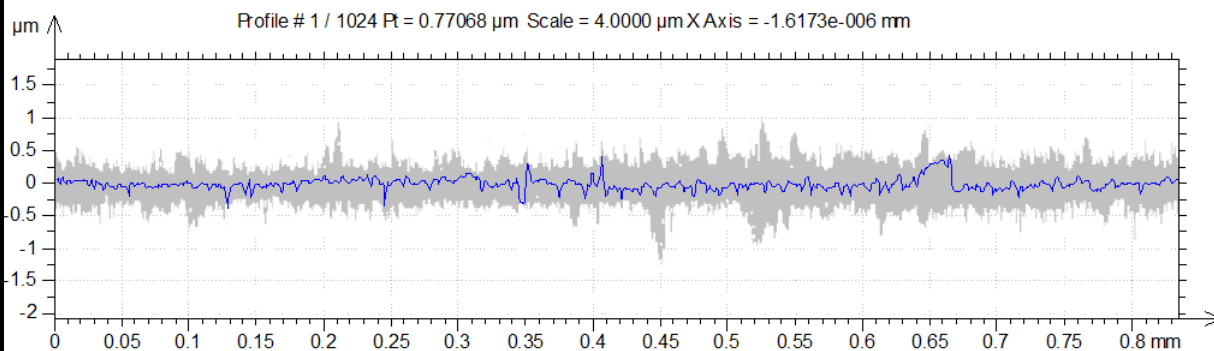


MB III

3D model textury povrchu:



Profily drsnosti:



Parametry drsnosti:

VZOREK č. 1 - MB III (cut-off: $l_r = 0,25$ mm; $l_n = 1,25$ mm)				
PARAMETRY	MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [μm]	0,060260	0,010601	0,035917	0,088598
R_{Sm} [mm]	0,015569	0,0025042	0,010431	0,030004
R_z [μm]	0,665620	0,157720	0,3069	1,266
R_t [μm]	0,951390	0,263470	0,41656	2,1499
R_{sk} [-]	-0,225930	0,637770	-1,9741	2,0107
R_p [μm]	0,320230	0,105180	0,11628	0,73154
R_v [μm]	0,34539	0,090365	0,1525	0,79877



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Plošné parametry:

VZOREK č. 1 - MB III	
PARAMETR	[μm]
S_a	0,074324
S_q	0,103900
S_p	1,437700
S_v	1,386100
S_z	2,823800

Objemové parametry:

VZOREK č. 1 - MB III	
PARAMETR	[mm^3/mm^2]
V_m	6.1429e-006
V_{mc}	7.6158e-005
V_{mp}	6.1429e-006
V_v	0.00011964
V_{vc}	0.00010531
V_{vv}	1.4331e-005



Příloha č. 10 Vzorek č. 1 – Data získaná kontaktní metodou měření

VZOREK č. 1 (cut-off: $l_r=0,8$ mm; $l_n = 4,00$ mm)							
PARAMETRY	MB I			MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [μm]	0,4	0,4	0,4	0,4	6,7987E-17	0,4	0,4
R_{Sm} [mm]	0,101	0,119	0,152	0,124	0,025865	0,101	0,152
R_z [μm]	3	3	3	3	0	3	3
R_t [μm]	4	4	5	4,333333	0,577350	4	5
R_{sk} [-]	1,169	1,152	0,971	1,097333	0,109738	0,971	1,169
R_p [μm]	2	2	2	2	0	2	2
R_v [μm]	1	1	1	1	1	1	1
PARAMETRY	MB III			MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [μm]	0,04	0,03	0,04	0,036667	0,005774	0,03	0,04
R_{Sm} [mm]	0,068	0,060	0,064	0,064	0,004	0,060	0,068
R_z [μm]	0,28	0,25	0,33	0,286667	0,040415	0,25	0,33
R_t [μm]	0,43	0,32	0,44	0,396667	0,066583	0,32	0,44
R_{sk} [-]	0,559	-0,459	-0,016	0,028000	0,510424	-0,459	0,559
R_p [μm]	0,13	0,10	0,14	0,123333	0,020817	0,1	0,14
R_v [μm]	0,15	0,15	0,19	0,163333	0,167778	0,173704	0,168272

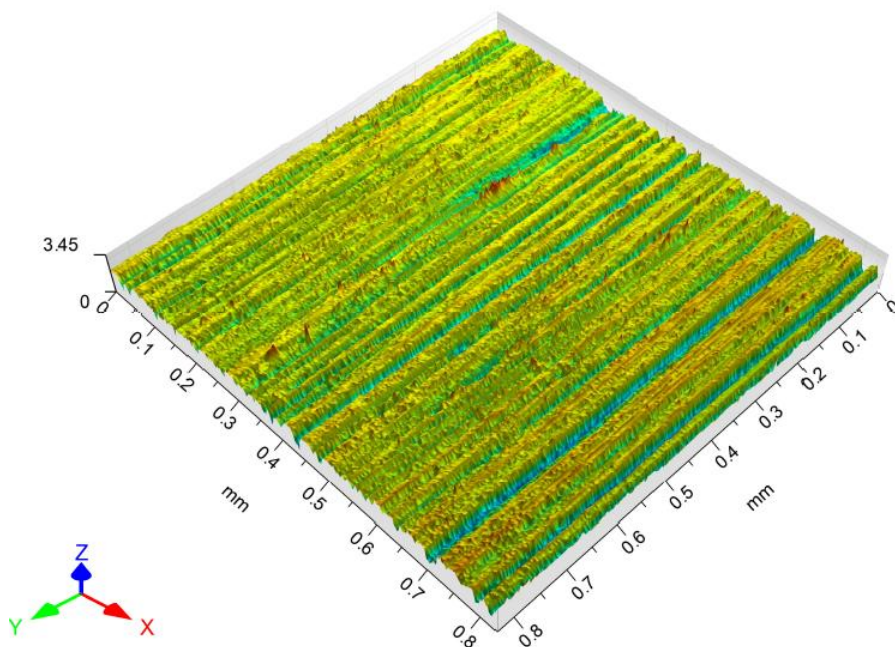
Naměřené hodnoty byly zpracovány dle Přílohy č. 8.



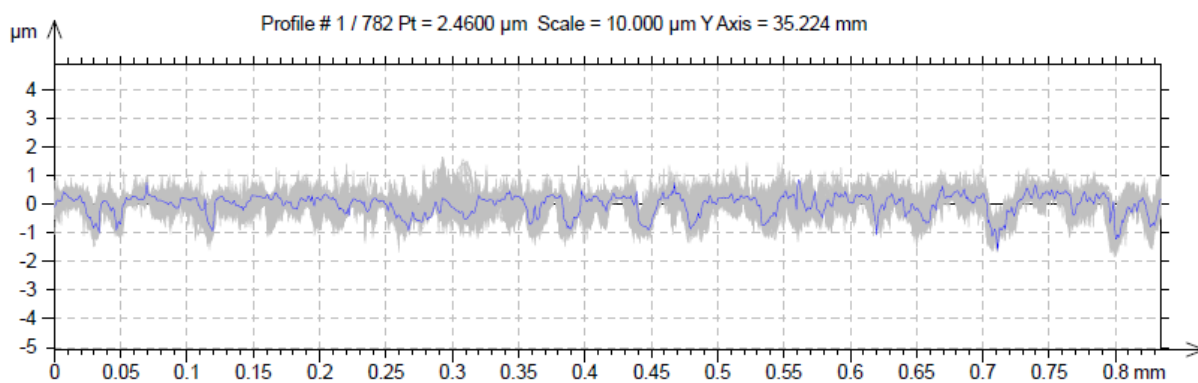
Příloha č. 11 Vzorek č. 2 – Data získaná bezkontaktní metodou měření

MB I

3D model textury povrchu:



Profily drsnosti:



Výškové parametry:

VZOREK č. 2 - MB I (cut-off: $l_r = 0,8$ mm; $l_n = 4,00$ mm)				
PARAMETRY	MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [μm]	0,245470	0,011015	0,21264	0,27545
R_{Sm} [mm]	0,018885	0,0032846	0,014331	0,031351
R_z [μm]	1,931800	0,195820	1,4809	2,7272
R_t [μm]	1,948400	0,196770	1,481	2,7272
R_{sk} [-]	-0,884590	0,120360	-1,1626	-0,23142
R_p [μm]	0,766200	0,164430	0,50262	1,6164
R_v [μm]	1,1656	0,11646	0,90403	1,8202



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Plošné parametry:

VZOREK č. 2 - MB I	
PARAMETR	[μm]
<i>Sa</i>	0,261310
<i>Sq</i>	0,331780
<i>Sp</i>	1,677600
<i>Sv</i>	1,798700
<i>Sz</i>	3,476300

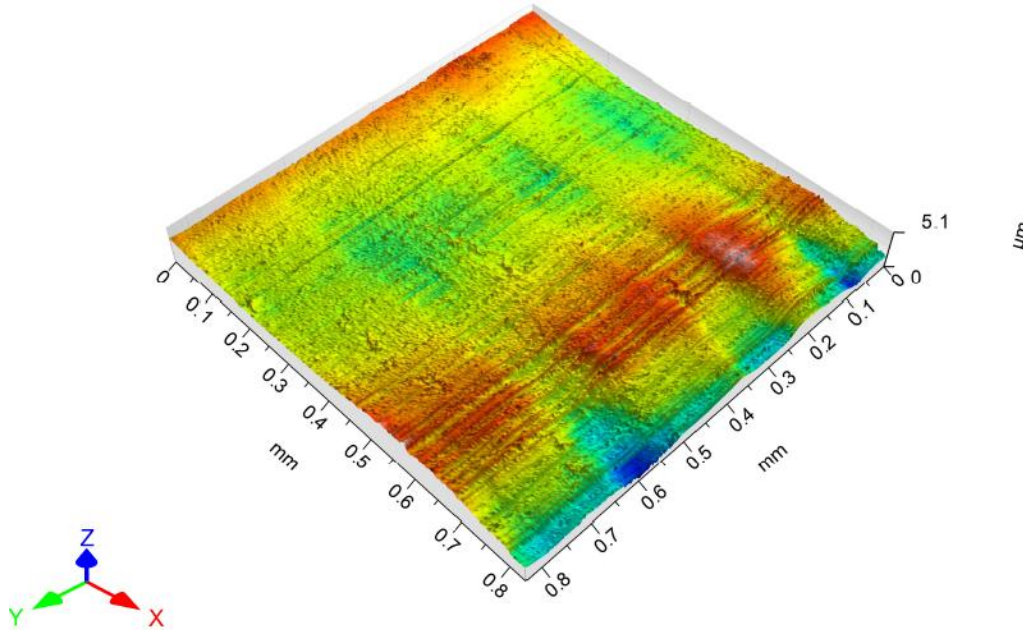
Objemové parametry:

VZOREK č. 2 - MB I	
PARAMETR	[mm^3/mm^2]
<i>Vm</i>	$9,5791 \cdot 10^{-6}$
<i>Vmc</i>	0,00030436
<i>Vmp</i>	$9,5791 \cdot 10^{-6}$
<i>Vv</i>	0,0003405
<i>Vvc</i>	0,00028339
<i>Vvv</i>	$5,7114 \cdot 10^{-5}$

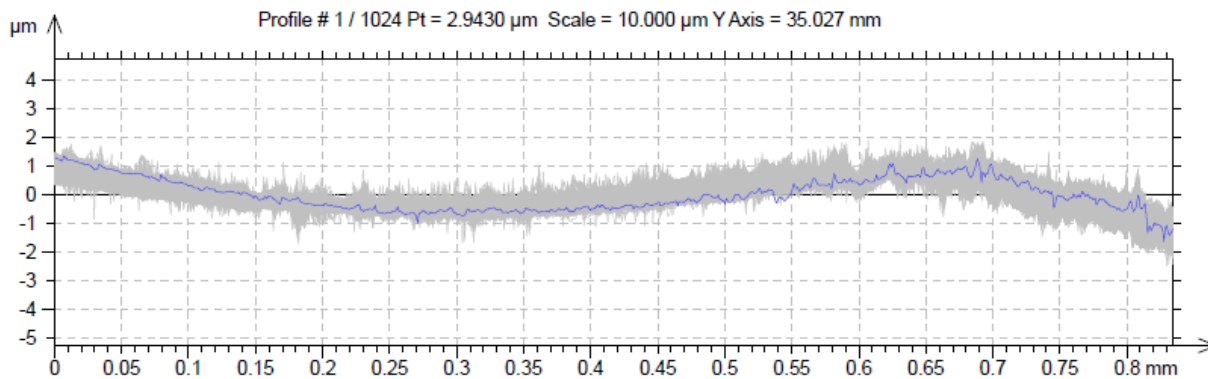


MB II

3D model textury povrchu:



Profily drsnosti:



Výškové parametry:

VZOREK č. 2 - MB II (cut-off: $l_r = 0,8$ mm; $l_n = 4,00$ mm)				
PARAMETRY	MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [μm]	0,302800	0,011413	0,27651	0,33548
R_{Sm} [mm]	0,847691	0,03532	0,011418	0,30421
R_z [μm]	1,894000	0,174610	1,4293	2,5818
R_t [μm]	2,439500	0,188740	1,9794	3,3247
R_{sk} [-]	0,834800	0,091050	0,58074	1,073
R_p [μm]	1,080200	0,122610	0,83199	1,6438
R_v [μm]	0,81374	0,11961	0,50799	1,4125



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Plošné parametry:

VZOREK č. 2 - MB II	
PARAMETR	[μm]
S_a	0,462040
S_q	0,569810
S_p	2,257000
S_v	2,859600
S_z	5,116600

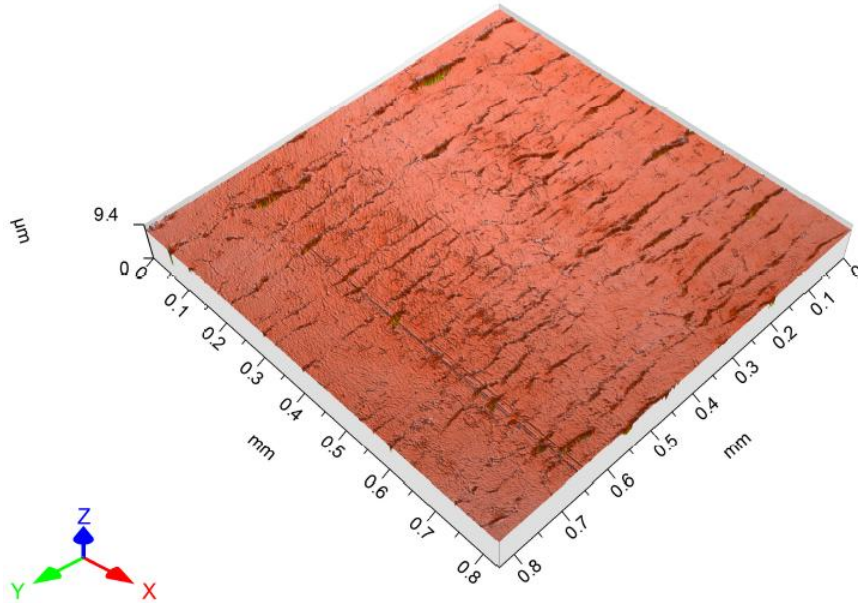
Objemové parametry:

VZOREK č. 2 - MB II	
PARAMETR	[mm^3/mm^2]
V_m	$2,2606 \cdot 10^{-5}$
V_{mc}	0,00048381
V_{mp}	$2,2606 \cdot 10^{-5}$
V_v	0,00079338
V_{vc}	0,00073495
V_{vv}	$5,8424 \cdot 10^{-5}$

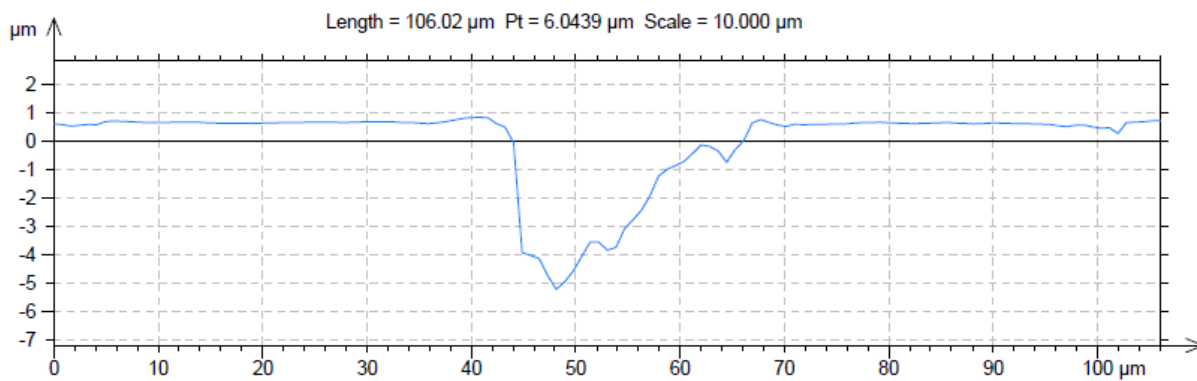
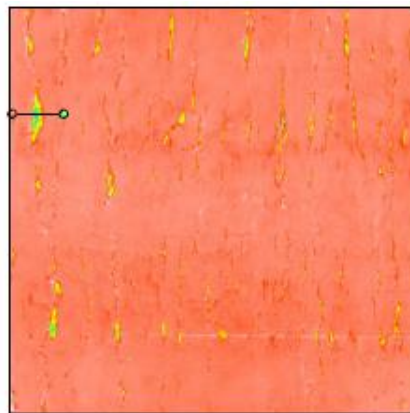


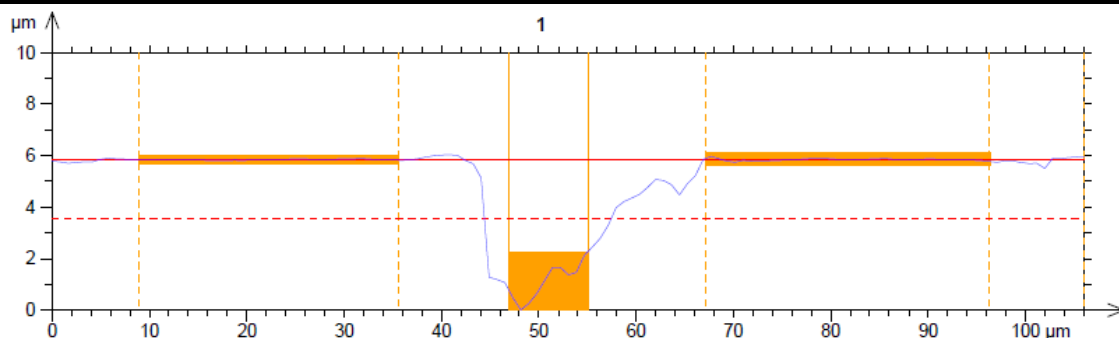
MB III

3D model textury povrchu:



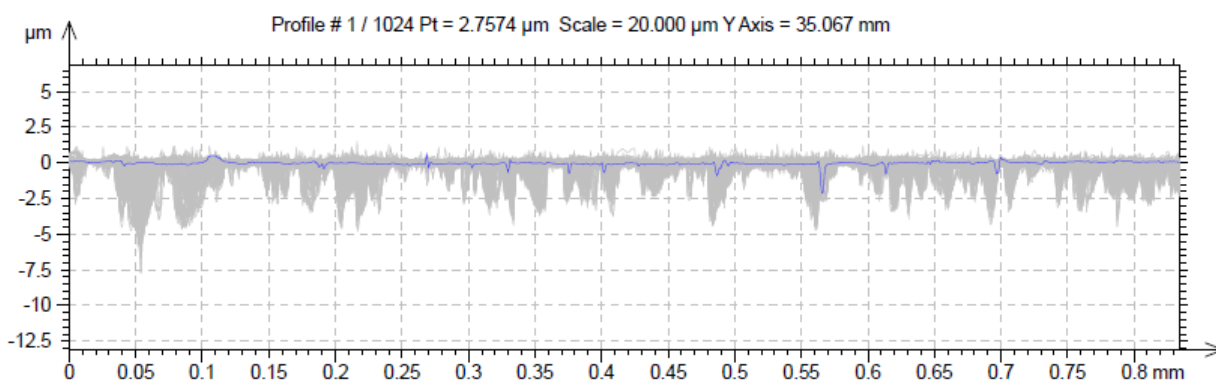
Detail textury povrchu:





1
 Maximum depth 5.8493 μm
 Mean depth 4.7661 μm
 Width 8.1557 μm

Profily drsnosti:



Výškové parametry:

VZOREK č. 2 - MB III (cut-off: $l_r = 0,8$ mm; $l_n = 4,00$ mm)				
PARAMETRY	MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [μm]	0,106710	0,075413	0,026548	0,38199
R_{Sm} [mm]	0,045969	0,01985	0,015145	0,15679
R_z [μm]	2,599400	1,216600	0,29884	8,2834
R_t [μm]	2,628500	1,198100	0,30961	8,2834
R_{sk} [-]	-5,219000	2,316300	-13,17	5,2896
R_p [μm]	0,426010	0,176160	0,15109	1,2319
R_v [μm]	2,1734	1,1467	0,11179	7,2574

Plošné parametry:

VZOREK č. 2 - MB III	
PARAMETR	[μm]
S_a	0,114430
S_q	0,299860
S_p	1,590900
S_v	7,858100
S_z	9,449000



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Objemové parametry:

VZOREK č. 2 - MB III	
PARAMETR	[mm ³ /mm ²]
<i>V_m</i>	4,0097*10 ⁻⁶
<i>V_{mc}</i>	6,278*10 ⁻⁵
<i>V_{mp}</i>	4,0097*10 ⁻⁶
<i>V_v</i>	0,00013565
<i>V_{vc}</i>	8,137*10 ⁻⁵
<i>V_{vv}</i>	5,428*10 ⁻⁵



Příloha č. 12 Vzorek č. 2 – Data získaná kontaktní metodou měření

VZOREK č. 2 (cut-off: $l_r=0,8$ mm; $l_n = 4,00$ mm)							
PARAMETRY	MB I			MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [μm]	0,2	0,2	0,2	0,2	3,39935E-17	0,2	0,2
R_{Sm} [mm]	0,068	0,072	0,073	0,071	0,002645	0,068	0,073
R_z [μm]	1	2	2	1,666667	0,577350	1	2
R_t [μm]	2	3	3	2,666667	0,577350	2	3
R_{sk} [-]	1,794	1,914	1,152	1,62	0,409717	1,152	1,914
R_p [μm]	1	1	1	1	0	1	1
R_v [μm]	0	1	1	0,666667	0,888889	0,851852	0,802469
PARAMETRY	MB III			MEAN	STDR.DEV.	MIN	MAX
R_a [μm]	0,08	0,03	0,11	0,073333	0,040415	0,03	0,11
R_{Sm} [mm]	0,044	0,048	0,041	0,044333	0,003511	0,041	0,048
R_z [μm]	1,09	0,47	1,69	1,083333	0,610027	0,47	1,69
R_t [μm]	1,72	0,91	2,73	1,786667	0,911830	0,91	2,73
R_{sk} [-]	-4,892	-4,446	-6,394	-5,244	1,020590	-6,394	-4,446
R_p [μm]	0,14	0,07	0,20	0,136667	0,065064	0,07	0,2
R_v [μm]	0,95	0,4	1,49	0,946667	0,945556	1,127407	1,006543

Naměřené hodnoty byly zpracovány dle Přílohy č. 8.