



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

### ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## MĚŘENÍ KVALITY POVRCHU HŘÍDELOVÝCH DÍLŮ PŘEVODOVKY MQ100 METODOU ROZPTÝLENÉHO SVĚTLA

SURFACE ROUGHNESS MEASUREMENT OF SHAFT PARTS OF GEARBOX MQ100 USING  
SCATTERED LIGHT METHOD

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Josef Horák

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2017

## Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	<b>Josef Horák</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	<b>Ing. Milan Kalivoda</b>
Akademický rok:	2016/17

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 bakalářské práce:

### **Měření kvality povrchu hřídelových dílů převodovky MQ100 metodou rozptýleného světla**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Prověření možnosti náhrady mechanického drsnoměru optickým měřením přístroji firmy OptoSurf GmbH. Vyhodnocení naměřených parametrů na vytipovaných hřídelových dílech. Navržení vhodného využití ve firemním prostředí. Formulování hlavních zásadních principů i pro obecnější rozšíření v automobilovém průmyslu.

#### **Cíle bakalářské práce:**

1. Představení převodovky MQ100.
2. Výrobní etapy převodovky MQ100.
3. Rozbor stávajícího kontrolního procesu a způsobu měření jakosti broušených povrchů.
4. Analýza stávajícího stavu kvality broušených povrchů hřídelových dílů převodovky MQ100.
5. Charakteristika měření metodou rozptýleného světla (měřicí senzor OS500 od firmy OptoSurfGmbH).
6. Aplikace měřicí metody rozptýleným světlem pro stanovení jakosti broušených povrchů hnanéhřídele a pastorku převodovky MQ100.
7. Provedení ověřovacích zkoušek, vyhodnocení (možnosti nasazení, podmínky realizace).
8. Diskuze výsledků.



**Seznam doporučené literatury:**

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s.r.o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

MASLOV, Jurij Nikolajevič. Teorie broušení kovů. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. 248 s.

Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně / Technická 2896/2 / 616 69 / Brno

MÁDL, Jan et al. Jakost obráběných povrchů. 1. vyd. Ústí nad Labem: UJEP, 2003. 180 s. ISBN 807044-639-4.

FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstrukční oceli. 1. vyd. Brno: CERM, s.r.o., 1996. 262 s. ISBN 80-85867-95-8.

SUCHY, Ivana. Handbook of die design. 2nd edition. New York: McGRAW-HILL, 2006. P. 730. ISBN 0-07-146271-6.

PERNIKÁŘ, Jiří a Miroslav TYKAL. Strojírenská metrologie II. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-8.

KARPÍŠEK, Zdeněk. Matematika IV: Statistika a pravděpodobnost. 3. vyd. Olomučany: CERM, s. r. o., 2007. 170 s. ISBN 978-80-241-3380-9.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s.r.o. a Scientia, s.r.o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s.r.o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

ředitel ústavu

děkan fakulty

Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně / Technická 2896/2 / 616 69 / Brno

## ABSTRAKT

Práce se primárně zabývá možností nasazení měření metodou rozptýleného světla textury povrchu hřídelových dílů převodovky MQ100 do sériové výroby.

Úvodem je krátce představena společnost ŠKODA AUTO a.s. a je popsána převodovka MQ100. Následuje popis postupu při výrobě hřídelových dílů se zaměřením na operaci broušení, č. 130 pro pastorky a č. 135 pro hnací hřídele, které je finálním opracováním povrchu.

V další části je popsána kvalita broušených povrchů hřídelových dílů převodovky MQ100 za kontrolní období, následována vyhodnocením závislosti parametru optického měření struktury povrchu Aq na parametru Rz.

Po stanovení této závislosti jsou popsány ověřovací zkoušky a navržena tolerance parametru Aq pro měření metodou rozptýleného světla. Také je navržena úprava měřidla firmy OptoSurf a návrh na vystavení zkušební listu pro ustanovení konečné hodnoty tolerance parametru Aq.

**Klíčová slova:** textura povrchu, drsnoměr, měřicí senzor OS500, korelace, parametr Rz, parametr Aq

## ABSTRACT

This thesis primary deals with the possible use of measuring the surface texture of gearbox MQ100 shaft parts in serial production by the scattered light method.

The introduction briefly describes the company ŠKODA AUTO a.s., as well as gearbox MQ100. The paper continues by describing the process of manufacturing shaft parts, focusing on grinding, no. 130 for pinions and no. 135 for drive shafts, which is the last process of manufacturing shaft surfaces.

The next part of the thesis describes the quality of ground surfaces in gearbox MQ100 shaft parts for the control period, followed by the dependency evaluation of parameter Aq, concerning the surface-structure optical measurement, on parameter Rz.

After the dependency has been determined, the thesis delineates verification tests, and proposes a tolerance value for parameter Aq when taking the measurements by the diffused light method. In addition, a modification of the OptoSurf measuring device is suggested as well as the proposal of issuing a test certificate in order to determine the final tolerance value of parameter Aq.

**Key words:** structure of surface, roughness meter, measuring sensor OS500, correlation, parameter Rz, parameter Aq

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HORÁK, J. *Měření kvality povrchu hřídelových dílů převodovky MQ100 metodou rozptýleného světla*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 48 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Měření kvality povrchu hřídelových dílů převodovky MQ100 metodou rozptýleného světla** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a parametrů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

26. 5. 2017

-----  
Datum

-----  
Josef Horák

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce panu Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále děkuji společnosti Škoda Auto a.s. a panu Janu Johanovi za poskytnutí interních informací a měřicích přístrojů ve společnosti Škoda Auto a.s. Také bych chtěl poděkovat rodině za podporu při tvorbě bakalářské práce.

<b>OBSAH</b>	
ABSTRAKT .....	4
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE .....	5
ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ.....	6
PODĚKOVÁNÍ.....	7
OBSAH.....	8
ÚVOD .....	10
1 CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI ŠKODA AUTO a.s. ....	11
1.1 Historie společnosti.....	11
1.2 Současná podoba společnosti a výhled do budoucnosti .....	12
2 POPIS PŘEVODOVKY MQ100.....	13
2.1 Základní popis převodovky .....	13
2.2 Technická data .....	14
2.2.2 Varianty převodovky u jednotlivých ústrojí .....	14
2.3 Konstrukce převodovky MQ100.....	15
2.4 Konstrukce hřídele a pastorku .....	16
2.4.1 Hnací hřídel.....	17
2.4.2 Hnaný hřídel.....	17
3 POSTUP VÝROBY HŘÍDELOVÝCH DÍLŮ PŘEVODOVKY MQ100 .....	18
3.1 Výrobní postup pastorků .....	18
3.2 Výrobní postup hnacích hřídelů .....	18
3.3 Broušení hřídelových dílů převodovky MQ100 .....	18
4 ANALÝZA A POPIS SOUČASNÉHO STAVU KVALITY BROUŠENÝCH POVRCHŮ HŘÍDELOVÝCH DÍLŮ PŘEVODOVKY MQ100.....	20
4.1 Proces kontroly kvality broušených dílů .....	20
4.2 Měření textury povrchů .....	20
4.3 Popis měření textury povrchu na drsnoměru Hommel TESTER T1000.....	21
4.3.1 Princip snímání při měření textury povrchu .....	23
4.3.2 Popis měřeného parametru Rz .....	24
5 VYHODNOCENÍ SOUČASNÉ KVALITY POVRCHU BROUŠENÝCH DÍLŮ.....	26
5.1 Textura broušených válcových ploch.....	26
5.1.1 Textura válcových ploch pastorků .....	27
5.1.2 Textura válcových ploch hřídelů.....	29
5.2 Vyhodnocení textury povrchu broušených ploch .....	30
6 ROZBOR A POPIS MĚŘICÍ METODY ROZPTÝLENÝM SVĚTLEM .....	31

---

6.1 Měření textury povrchu .....	31
6.1.1 Měření textury povrchu rozptýleným světlem .....	31
6.1.2 Měření lokální textury povrchu .....	32
6.1.3 Podmínky měření .....	32
6.1.4 Limity metody a výjimky .....	32
6.2 Senzor OS 500 .....	32
6.3 Popis metody stanovení korelace .....	33
7 APLIKACE MEŘICÍ METODY ROZPTÝLENÝM SVĚTLEM PRO STANOVENÍ JAKOSTI BROUŠENÝCH POVRCHŮ HŘÍDELOVÝCH DÍLŮ PŘEVODOVKY MQ100 .....	35
8 VÝPOČET KORELACE, OVĚŘOVACÍ ZKOUŠKY .....	37
8.1 Výpočet korelace parametrů $R_z$ a $A_q$ .....	37
8.1.1 Postup při shromažďování dat .....	37
8.1.2 Výpočet korelace.....	37
8.1.3 Výsledky korelace – pastorky MQ100 .....	37
8.1.4 Výsledky korelace - hnací hřídele MQ100.....	38
8.1.5 Vyhodnocení korelace.....	39
8.2 Ověřovací zkoušky .....	41
8.2.1 Postup při ověřovacích zkouškách.....	41
8.2.2 Vyhodnocení ověřovacích zkoušek.....	41
9 DISKUZE.....	44
9.1 Rozbor výsledků .....	44
9.2 Návrh řešení .....	44
ZÁVĚR .....	45
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	46
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	47
SEZNAM TABULEK.....	48
SEZNAM PŘÍLOH .....	48

## ÚVOD

Bakalářská práce byla vypracována ve společnosti Škoda Auto a.s. na základě dlouhodobé praxe autora. Měření textury povrchu hřídelových dílů metodou rozptýleného světla je inovativní metoda, která popisuje kvalitu povrchu komplexněji než metoda taktilní.

Hlavním cílem je zavedení měření hřídelových dílů převodovky MQ100 metodou rozptýleného světla optickým přístrojem firmy OptoSurf, přičemž by se současné taktilní měření přestalo provádět. Budou popsány obě metody měření textury povrchu (taktilní metoda a metoda rozptýleného světla) a provedení vyhodnocení závislosti parametru Aq na parametru Rz. Na základě porovnání daných parametrů a provedení ověřovacích zkoušek bude rozhodnuto, zda je možné v sériové výrobě použít pro hodnocení jakosti povrchu optický senzor OS500 od firmy OptoSurf.

V rámci porovnání bylo nutné provést analýzu současného stavu kvality broušených ploch hodnocených parametrem Rz ve vztahu k parametru Aq. Posuzované období byly 3 měsíce. Samotné porovnání bylo provedeno v limitních hodnotách (extrémy = minimum a maximum) a průměrných hodnotách.

Závěrem bude posouzení možnosti nasazení metody rozptýleného světla pro měření textury povrchu a navržení tolerančních hodnot pro parametr Aq.



Obr. 1 Měřicí zařízení OptoSurf



## 1 CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI ŠKODA AUTO a.s.

Společnost Škoda Auto a.s. vyrábí osobní automobily od roku 1905 až do současnosti. Jedná se o firmu vyrábějící auta s jednou z nejdelších historií na světě. Původní společnost nesla název po zakladatelích Laurin & Klement a to od založení firmy 1895 (výroba kol a motocyklů) až do roku 1925, kdy došlo ke spojení s Plzeňskými strojírnami Škoda. [1]

V letech 1991 až 2000 došlo k připojení automobilky Škoda ke koncernu VW. V posledních letech se Škoda Auto a.s. stala jedním z předních dodavatelů osobních aut v celé Evropě a také největším tuzemským exportérem. [1]

### 1.1 Historie společnosti

Společnost založená roku 1895 pod názvem Laurin & Klement vyráběla kola a motocykly do roku 1905, kdy byl touto společností představen první automobil Laurin & Klement A, nebo také nazývaná Voiturette A. [1]



Obr. 1.1 Voiturette A [1]



Obr. 1.2 Škoda Kodiaq [2]

V roce 1925 došlo k fúzi se společností Škoda a toto spojení vedlo k výrobě prvního automobilu s logem okřídleného šípů Škoda Popular. Počet zaměstnanců byl 355. [1]

V letech 1946 – 1949 došlo k začlenění závodů Vrchlabí a Kvasiny do znárodněného podniku AZNP. Následovala éra socialistických automobilů s motorem vzadu a pohonem zadních kol. [1]

V roce 1991 dochází k Joint-venture s koncernem VW a roku 2000 koncern VW získává 100 % společnosti Škoda Auto a.s. [1]

## 1.2 Současná podoba společnosti a výhled do budoucnosti

V České republice jsou tři výrobní závody: Vrchlabí, Kvasiny a Mladá Boleslav, kde je hlavní sídlo společnosti.

Modelová paleta je tvořena jedenácti modely: CitiGo, Fabia, Fabia combi, Rapid, Rapid Spaceback, Octavia, Octavia Combi, Superb, Superb Combi, Yeti a velkým SUV Kodiaq. V mladoboleslavském závodě se vyrábí vozy Fabia, Rapid a Rapid Spaceback, Octavia a Octavia combi. Výroba modelů Kodiaq, Yeti, Superb a Superb Combi je situována v závodě v Kvasinách. Závod ve Vrchlabí má na starosti výrobu robotizované dvouspojkové převodovky DQ200. [7]

V současnosti společnost Škoda Auto a.s. zaměstnává více než 25 400 osob po celém světě. V současnosti se vozy Škoda Auto a.s. vyrábí kromě České Republiky také v Rusku, Číně, Indii, Kazachstánu, na Ukrajině a na Slovensku. V roce 2011 Škoda Auto a.s. zahájila strategii „Růstový sprint“ a od této doby ročně stoupá počet vyrobených i prodaných automobilů. Dodávky vozů zákazníkům v roce 2016 dosáhly 1 127 700 vozů po celém světě. To je o 72 200 vozů více než v roce 2015. [7]

Plánovaná roční dodávka vozů zákazníkům v roce 2018 je 1,5 milionu vozů, což je dvojnásobek oproti roku 2010. V roce 2017 Škoda Auto a.s. představí nové modely Octavia RS, Scout a Kodiaq RS a Scout. Ve druhé polovině roku je také chystán facelift modelu CitiGo. Tyto kroky jsou součástí strategie růstový sprint. [7]

Tab. 1.2 Škoda Auto a.s.– přehled výsledků dodaných automobilů zákazníkům v letech 2015/2016 [9]

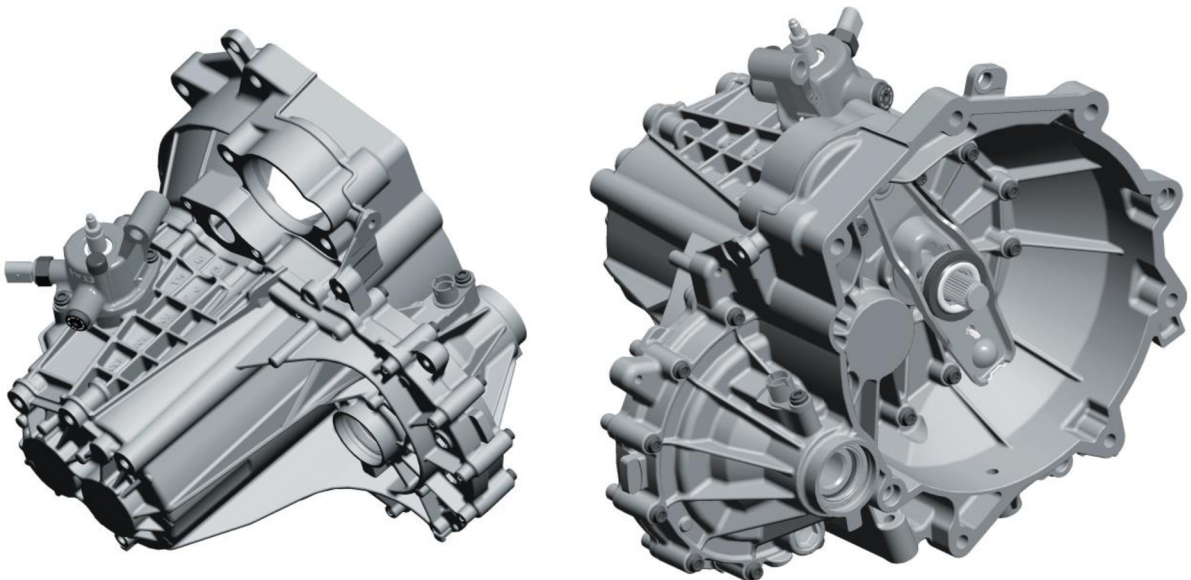
Dodávky vozů zákazníkům	Leden - Prosinec		
	2016	2015	Δ v %
Evropa	729 400	690 700	5,6
Indie	13 000	15 800	-17,7
Čína	317 100	281 700	12,6
Zbytek světa	68 200	67 300	1,3
Svět	1 127 700	1 055 500	6,8
Svět bez Číny	810 600	773 800	4,8

## 2 POPIS PŘEVODOVKY MQ100

### 2.1 Základní popis převodovky

V současnosti se jedná o nejmenší převodovku, která se vyrábí v koncernu VW. Při vývoji byl kladen důraz na snadné, lehké a přesné řazení, malou hmotnost a kompaktnost převodovky. [3]

Převodovka obsahuje dva hřídele, hnací a hnaný (pastorek), které jsou uloženy ve skříni z hliníkové slitiny skládající se ze dvou částí: skříň spojky a převodková skříň. Převodová kola dopředných rychlostí jsou ve stálém záběru, styk je realizován šikmým ozubením. Kola zpětné rychlosti mají kombinaci přímého a kónického ozubení, pro realizování opačného smyslu otáčení hnané hřídele je mezi hřídele vloženo třetí kolo, které mění směr otáčení. Ve skříni převodovky je také uložené kolo rozvodovky a diferenciál. [3]



Obr. 2.1 Skříň převodovky MQ100 [3]

## 2.2 Technická data

V tabulce 2.2.1 jsou uvedena technická data převodovky MQ100.

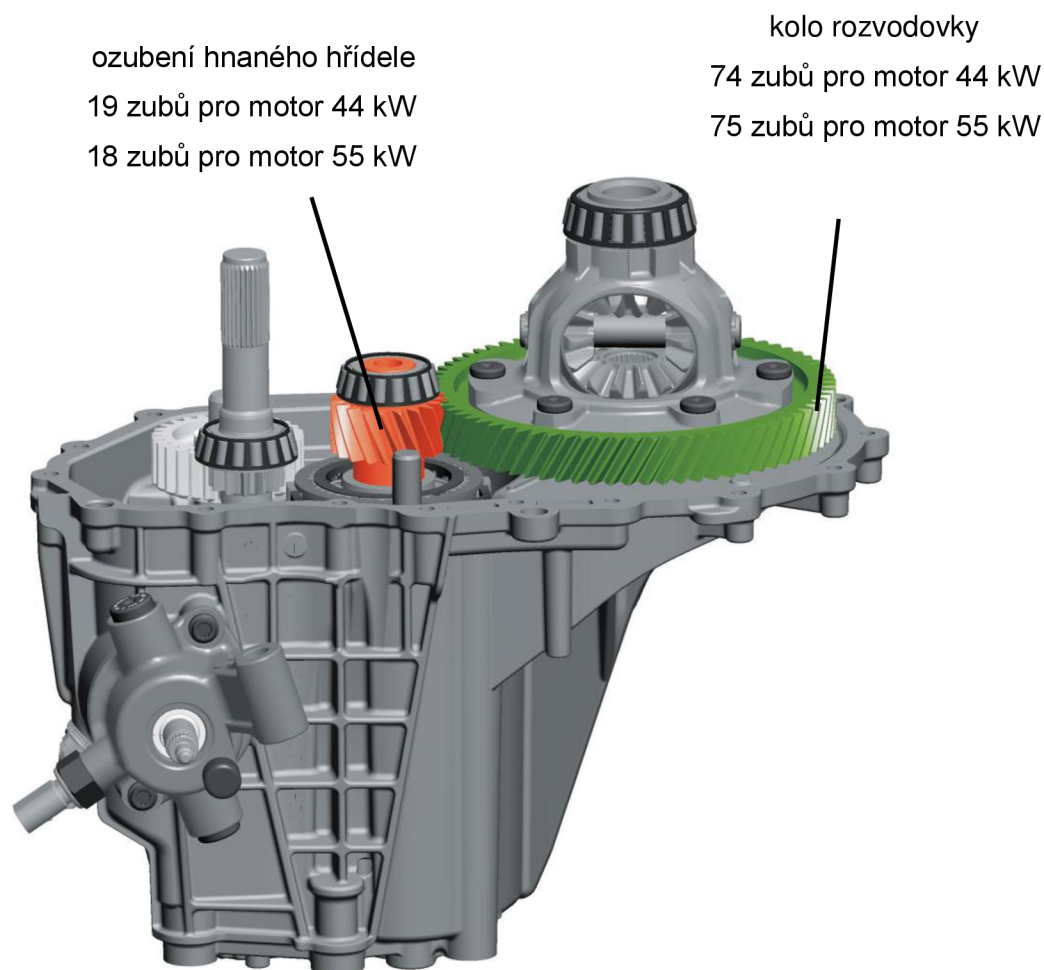
Tabulka 2.2.1 Přehled technických dat převodovky MQ100 [3]

Označení převodovky	OCF
Typ převodovky	pěti stupňová převodovka; dvou hřídelová převodovka s přídatnou nepohyblivou hřídelí pro zpátečku
Uložení	čelní, příčná montáž
Rozměry (délka/šířka)	356 mm / 462 mm
Materiál skříně převodovky a skříně spojky	Hliník
Druh převodového oleje	SAE 75 W
Plnicí množství převodového oleje	1,2 l
Interval výměny převodového oleje	trvalá náplň
Hmotnost (včetně olejové náplně)	26,7 kg
Ovládání spojky	Hydraulické
Převod:	Motorizace:
	1,0l/44 kW 1,0l/55 kW
Rozvodovka	74:19 = 3,894                      75:18 = 4,166
1. rychlostní stupeň	51:14 = 3,643
2. rychlostní stupeň	43:22 = 1,995
3. rychlostní stupeň	47:37 = 1,270
4. rychlostní stupeň	47:49 = 0,959
5. rychlostní stupeň	43:54 = 0,796
Zpátečka	41:28 x 28:12 = 3,416
Odstupňování převodových stupňů	4,57
Nejvyšší rychlost	při zařazeném 5. rychlostním stupni
*Z <sub>1</sub> - počet zubů hnacího kola	
Z <sub>2</sub> - počet zubů hnaného kola	

### 2.2.2 Varianty převodovky u jednotlivých ústrojí

Převodovka MQ100 se v současné době montuje v kombinaci se dvěma agregáty a to 1,0 l/44 kW a 1,0 l/55 kW. Pro dané motorizace je odlišena převodem stálého záběru. [3]

Pro motor o výkonu 44 kW má převodovka na kole rozvodovky 74 zubů a ozubení hnaného hřídele (pastorku) má zubů 19. K motoru o výkonu 55 kW se montuje převodovka s 75 zuby na rozvodovce, ozubení hnaného hřídele má zubů 18. Obě kola jsou ve stálém záběru. [3]



Obr 2.2.2 Složená převodovky MQ100 s rozdílným převodovým poměrem stálého záběru [3]

### 2.3 Konstrukce převodovky MQ100

Převodovka je uložena napříč v motorové části vozu. Obsahuje dva hlavní hřídele a jeden pomocný, nepohyblivý, na kterém je vloženo kolo zpětného chodu. Při pohybu vozidla vpřed je přenos síly realizován koly dopředných rychlostí se šikmým ozubením, které jsou ve stálém záběru. Šikmé ozubení dokáže přenášet vyšší točivý moment a má tišší chod. [3]

Vynucená synchronizace je umístěna na pastorku a zajišťuje jednoduché, bezproblémové řazení všech dopředných rychlostních stupňů. Kola zpětného chodu synchronizaci nemají. [3]

Součástí skříně převodovky je také kolo rozvodovky a diferenciál, připojení řadicího hřídele s pákou řazení je realizováno dvěma lanovody. [3]



## 2.4 Konstrukce hřídele a pastorku

Pro zjednodušení montáže a servisu převodovky ozubená kola spolu s hřídelovými díly tvoří montážní skupiny jako soudržné moduly. [3]



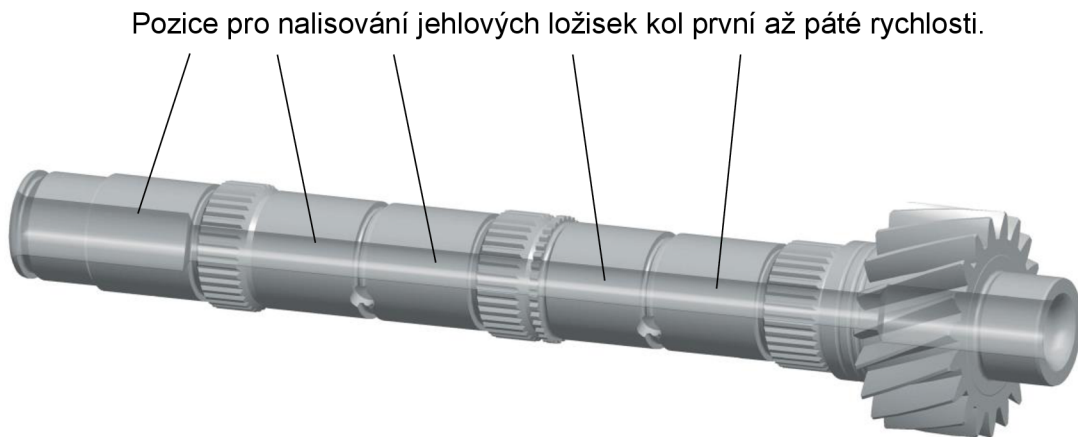
Obr 2.1 Modul hnací hřídele [3]

Ozubená kola jsou pevně spojena s hřídelí nalisováním. Přenos točivého momentu zajišťuje také drážkování. [3]



Obr 2.2 Modul pastorku [3]

Jednotlivá ozubená kola jsou volně otočná na pastorku díky nalisovaným jehlovým ložiskům. [3]

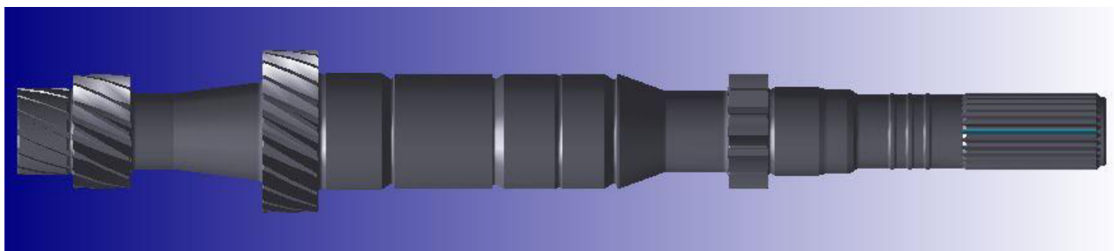


Obr 2.3 pastorek převodovky MQ100 [3]

### 2.4.1 Hnací hřídel

Hnací hřídel je obroben tak, že ozubení kol prvního, druhého rychlostního stupně dopředných rychlostí a ozubení zpětného chodu jsou součástí obrobku. Kola ostatních dopředných rychlostí jsou na hřídel lisována a proti axiálnímu pohybu jsou zajištěna pojistnými kroužky. Hřídel je také odlehčen dírou ve své ose. [3]

Funkcí hnacího hřídele je přenos rotačního pohybu klikové hřídele na pastorek v různých převodových stupních dle zařazeného rychlostního stupně. [3]



Obr. 2.4.1 Hnací hřídel MQ100 [13]

### 2.4.2 Hnaný hřídel

Hnaný hřídel je osazen pěti jehlovými ložisky. Hřídel není radiálně odstupňován, a proto mohou mít všechna ložiska stejný průměr. Hřídel je dále opatřen drážkováním pro usazení jader synchronních spojek. [3]

Jediné ozubení na pastorku je zde pro přenos točivého momentu na kolo rozvodovky. [3]



Obr 2.4.2 Pastorek MQ100 [12]

## 3 POSTUP VÝROBY HŘÍDELOVÝCH DÍLŮ PŘEVODOVKY MQ100

### 3.1 Výrobní postup pastorků

Navrtávání – soustružení + vrtání – frézování + sražení hran ozubení – válcování – praní – odstranění přetoku – nitrocementace – popouštění – praní – rovnání – **broušení průměrů a zápichů** – Honování ozubení – Praní [10]

Číslo výkresů pastorků převodovky MQ100: 0CF 311 205 L, M, R

Indexy L, M, R rozlišují pastorky podle počtu zubů ozubeného kola pro přenos síly na talířové kolo diferenciálu.

### 3.2 Výrobní postup hnacích hřídelů

Navrtávání – soustružení – frézování + sražení hran ozubení – válcování – praní – nitrocementace – popouštění – pevnostní tryskání – rovnání – **broušení průměrů a zápichů** – honování ozubení – praní – konečná kontrola – montáž [10]

Číslo výkresů hnané hřídele převodovky MQ100: 0CF 311 103 P, Q, R, S

Indexy P, Q, R, S rozlišují hnané hřídele podle počtu zubů kol první a druhé rychlosti.

### 3.3 Broušení hřídelových dílů převodovky MQ100

Operace broušení má nejvyšší vliv na jakost povrchu hřídelových dílů, a proto jsou uvedeny podrobnější informace o způsobu a parametrech broušení.

Hřídelové díly převodovky MQ100 jsou broušeny na hrotových bruskách GST a Buderus. Jedná se o vnější broušení do kulata.

V obou bruskách se používá jako procesní kapalina při broušení vodní emulze. Pro broušení hřídelových dílů jsou k dispozici celkem čtyři brusky, dvě od firmy GST a dvě od firmy Buderus.

Na bruskách GST jsou broušící kotouče orovnávány po čtyřiceti obrobcích při broušení pastorků a po 46 obrobených hnacích hřídelů. Bruska GST pro broušení hnacích hřídelů má pouze 2 broušící kotouče, které brouší jak válcové plochy daných průměrů, tak i zápichy. Kotouče jsou orovnávány tvarovými orovnávači a tím je zajištěna geometrická přesnost kotouče při broušení.





3.3 Orovnávací kotouč brusky GST – hnací hřídele

Oproti tomu bruska GST na pastorky má 3 brousící kotouče. Dva kotouče, které brousí válcové plochy pro jehlová a kuželíková ložiska, třetí kotouč CBN je určen pro broušení zápichů.

Bruska Buderus používá pro broušení hřídelových dílů také tři kotouče. Dva kotouče jsou určeny pro broušení průměrů, kde první z nich brousí první tři válcové plochy levé strany. Druhý brousí zbylé válcové plochy. Posledním brousícím kotoučem jsou broušeny zápichy. Orovnávání kotoučů na brusce Buderus probíhá diamantovými orovnávači, jejichž dráha orovnávání je programovatelná a dá se přizpůsobit požadovaným tvarům brousících kotoučů.

Orovnávání brousících kotoučů se provádí z důvodu zajištění vyhovujících řezných podmínek. Při broušení se brousící kotouč může zanášet třískami a tím se uhladit. Poté již dochází pouze k pálení kotouče i obráběné plochy. Orovnáním se kotouč znovu zdrsní a opraví se jejich tvar.

Procesní kapalina v brousících strojích fy. Buderus je ochlazována a čištění procesní kapaliny v těchto strojích probíhá jednorázově za určité časové období. Oproti tomu v bruskách GST není chladič systém na ochlazování procesní kapaliny, ale čištění procesní kapaliny probíhá kontinuálně v průběhu broušení. Procesní kapalina musí být v průběhu obráběcího procesu doplňována, jelikož na každém obrobeném dílu zůstává tenký povlak procesní kapaliny, a tak postupně z brousícího stroje ubývá.

## 4 ANALÝZA A POPIS SOUČASNÉHO STAVU KVALITY BROUŠENÝCH POVRCHŮ HŘÍDELOVÝCH DÍLŮ PŘEVODOVKY MQ100

Kontrolní proces se skládá z několika dílčích měření, které slouží ke zjištění celkového stavu a kvality obrábění hřídelových dílů. Kontrola kvality je důležitá pro zajištění stability obráběcích procesů a dodržení parametrů daných technickým výkresem. Postup při kontrole kvality je dán kontrolním plánem operace (KPO).

### 4.1 Proces kontroly kvality broušených dílů

Kontrola obrobených dílů se provádí po operaci broušení. Dle KPO se měří předepsané parametry. V tab. 4.1 je zpracován přehled měřených parametrů dle KPO po operaci broušení (hnací hřídel, pastorek).

Tab. 4.1 Přehled kontroly kvality dle KPO

Měřený parametr	Místo kontroly	Měřidlo	Četnost
ø, L, čelní házení	Výroba	Marshaft	120 min
Jakost povrchu	Výroba	Hommel Tester T1000	480 min
Geometrické odchylky tvarů, Rz a Wt axiál	TK (technická kontrola)	Kruhoměr	480 min
Kruhovitost	Výroba	OS500	120 min
Tvar zápichů	TK	Profiloměr	Jednou za týden/ po výměně nástrojů
Vizuálně	Výroba	-	Každý díl

Z uvedených měření je pro pozdější korelace nejdůležitější stávající způsob měření parametru Rz broušených válcových ploch (na taktilním drsnoměru Hommel) a optické kruhovitosti (přístrojem OptoSurf OS500), které budou popsány v následujících kapitolách.

### 4.2 Měření textury povrchů

Kontrola textury povrchu pastorků se provádí na průměrech ø25p6 jednou po 480 minutách. Tolerance parametru Rz pro průměr ø25p6, levé i pravé strany, dána dle technického výkresu  $Rz = 6,3 [\mu\text{m}]$ . Pro průměry ø27h6 B, D je hodnota tolerance parametru Rz stanovena na  $Rz = 3,5 [\mu\text{m}]$ . Kontrola je prováděna pouze na těchto dvou průměrech z důvodu největšího zatížení hřídele ohybovým momentem od daného broušícího kotouče. Zde je také předpokládána nejhorší kvalita obrobení povrchu broušením. Interval měření jakosti povrchu je 480 minut. Kontrola se provádí na přístroji HOMMEL TESTER T1000.

Kontrola textury povrchů hnací hřídele se provádí na pravém čele kola druhé rychlosti, kde tolerance je  $Rz = 10 \text{ } [\mu\text{m}]$ , z důvodu dosedání kola třetí rychlosti po nalisování. Dále jsou kontrolovány průměry  $\varnothing 25p6$  s tolerancí  $Rz = 6,3 \text{ } [\mu\text{m}]$ ,  $\varnothing 34,5x6$  s tolerancí  $Rz = 4 \text{ } [\mu\text{m}]$  a průměr  $\varnothing 24h6$  s tolerancí  $Rz = 4 \text{ } [\mu\text{m}]$ .

### **4.3 Popis měření textury povrchu na drsnoměru Hommel TESTER T1000**

Kompletní sestava měřicího přístroje je tvořena granitovou deskou s gumovými tlumivými podložkami a sloupem, posuvovou jednotkou, snímačem textury povrchu s měřicím hrotem a polohovacím svěrákem včetně prizmatu pro upínání měřených dílů (viz obr. 4.4.1).

Před měřením se na přístroji musí nastavit program pro daný typ měření, jednotlivé programy se liší velikostí měřené délky. Následně se vloží měřený díl. Poté se měřidlo nastaví tak, aby měřicí hrot byl přibližně 1 mm nad měřeným povrchem, poté se může spustit měření. Měřicí hrot automaticky najedena měřený povrch, ustaví se do pozice 0 a dle zvoleného programu proměří díl. Poté hrot od měřeného dílu odjede.

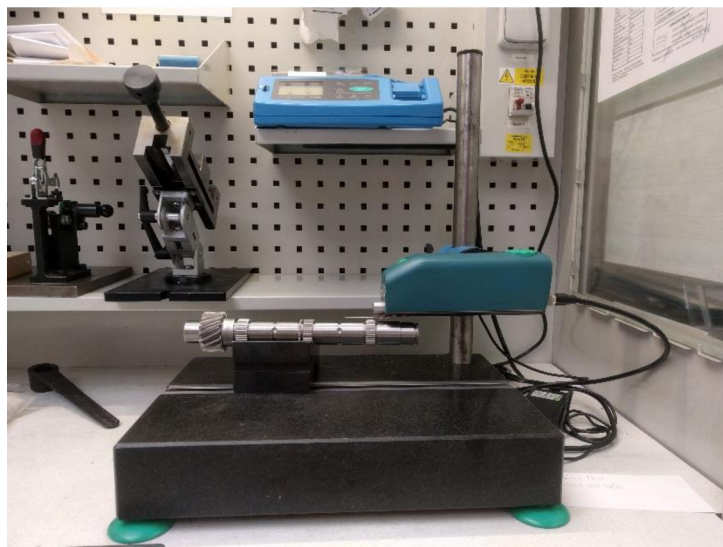
V případě hřídelových dílů převodovky MQ100 má textura povrchu zásadní vliv na životnost a hlučnost celé převodovky. Pro přesné měření je doporučeno udržovat čisté okolí a konstantní podmínky. Obrobky musejí být očištěny od nečistot, oleje, tuku a pryskyřic a třísek. Tyto nečistoty velkou měrou ovlivňují kvalitu měření a způsobují chyby. Přístroj musí být umístěn na pevné podložce. Při měření nesmí docházet k otřesům, jinak dochází k velkému ovlivnění měření.

Dále se musí zajistit, aby měřicí přístroj nebyl vystavován extrémním vlivům okolí, jako jsou například: výkyvy teplot, vysoká vlhkost vzduchu, prach, chvění. Systémy měření textury povrchu součástí jsou precizní měřicí přístroje, jejichž správná funkce je značně závislá na okolních podmínkách a na pečlivém zacházení.

Tab. 4.3: Parametry měření textury povrchu [4]

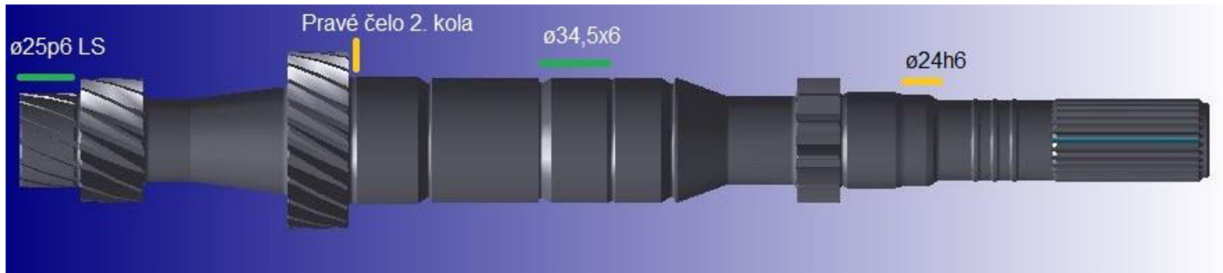
<b>Měření parametru Rz</b>		
Dotyková délka	lt	4,80 mm
Měřená délka	ln	4 mm
Jednotlivá délka	lr	0,8 mm
$\lambda_c$ - Profilový filtr	-	Gausův filtr pro otevřený profil dle DIN EN ISO 16610-21
Délka mezních vln	$\lambda_c$	0,8 mm
$\lambda_s$ - Profilový filtr	-	Vypnuto
Rádus dotykového hrotu	$r_{tip}$	5 $\mu\text{m}$
Kuželový úhel dotyk. hrotu	-	90°
Vzdálenost mezi měřenými body	-	$\leq 0,5 \mu\text{m}$
Rychlost měření	Vt	$\leq 0,5 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$

Mobilní Hommel TESTER T1000 umožňuje měření charakteristických veličin textury povrchu. Je koncipován speciálně pro měření ve výrobě, jako kompaktní mobilní nebo stacionární měřicí stanice splňuje nejvyšší požadavky. Skříňka má grafický displej a robustní fóliovou klávesnici s krátkým zdvihem. Na displeji jsou zobrazena všechna vložení a zobrazovány veškeré výsledky měření. Rukojeť slouží současně jako odkládání pro posuvnou jednotku LV16. [5]

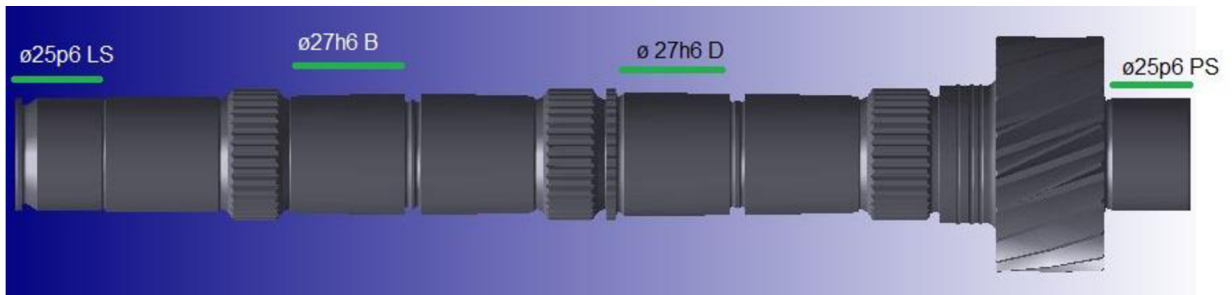


Obr. 4.3.1.1 Drsnoměr Hommel TESTER T1000

Měřené plochy taktilní metodou budou uvedeny graficky na následujících obrázcích.



Obr. 4.3.1.2 Měřené plochy taktilní metodou – hnací hřídel [13]



Obr. 4.3.1.3 Měřené plochy taktilní metodou – pastorek [12]

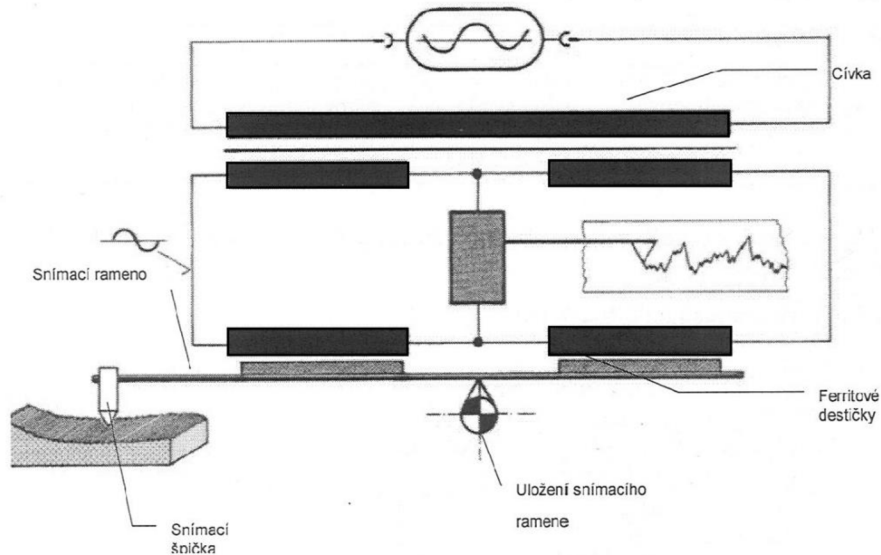
Zeleně jsou vyznačena místa měření společná pro měření taktilní a optickou metodou. Žlutě vyznačená místa jsou měřena pouze taktilní metodou.

#### 4.3.1 Princip snímání při měření textury povrchu

Mechanické snímání povrchu spočívá v principu indukčního systému měření dráhy. U tohoto systému je diamantový hrot vedený po měřeném povrchu. Snímací hrot je upevněn na ramenu dotyku, který je uložen vertikálně k rovině snímání. [5]

Na snímacím rameni jsou uloženy dvě ferritové destičky, které jsou v klidové poloze v přesně definované vzdálenosti od cívek. Cívky jsou uloženy v tělese dotyku a připojeny do elektrického obvodu. Je k nim přivedeno sinusové napětí. Následkem vychýlení měřicího hrotu po povrchu součásti se mění vzdálenost mezi cívkami a ferritovými destičkami, tím je v obvodu měněna indukčnost v cívkách. Tyto změny jsou snímací elektronikou vyhodnocovány a převedeny do proporcionálního signálu, na jehož základě je vyhodnocená a vykreslená textura povrchu součásti. [5]





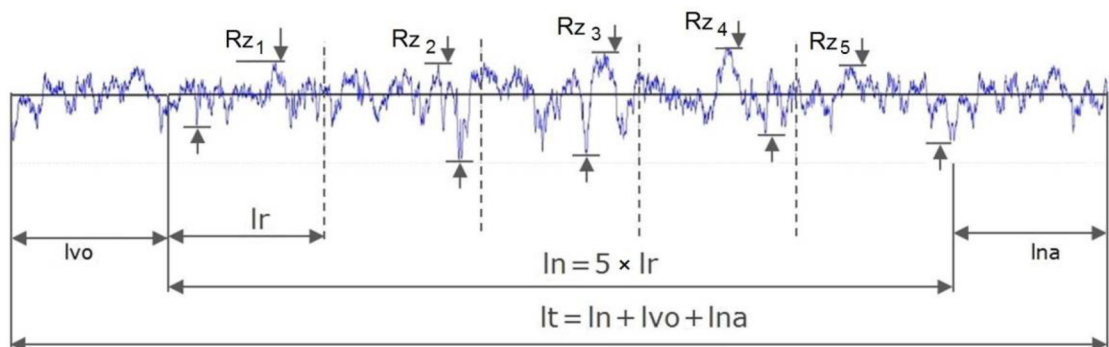
Obr. 4.4 Schéma snímání drsnoměru Hommel TESTER T1000 [5]

### 4.3.2 Popis měřeného parametru Rz

Výška nerovností profilu z deseti bodů Rz je definována jako střední hodnota z absolutních hodnot výšek pěti nejvyšších výstupků profilu a hloubek pěti nejnižších prohlubní profilu v rozsahu základní délky. [6]

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pmi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vmi}|}{5} \quad [6]$$

kde  $y_{pmi}$  je výška  $i$ -tého nejvyššího výstupku profilu,  
 $y_{vmi}$  je hloubka  $i$ -té nejvyšší prohlubně profilu. [6]



Obr. 4.5 Grafické znázornění parametru Rz. [4]

Pro oddělení vlnitosti od textury povrchu musel být stanoven určitý dělicí prvek. Tento prvek se nazývá Základní délka profilu  $l_r$ . Na určení této délky závisí správné vyhodnocení textury povrchu, a proto byly zavedeny a normalizovány Základní délky profilu  $l_r$  (0,01); (0,03); 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; mm. Hodnoty v závorkách se nepoužívají při měření běžnými dotykovými profiloměry a drsnoměry. [6]

Pro objektivní vyhodnocení textury povrchu je třeba stanovit vhodnou vyhodnocovací délku  $l_n$ . Všeobecnou zásadou je, že vyhodnocovací délka se má rovnat minimálně pětinasobku základní délky profilu  $l_r$ . U elektronických drsnoměrů je tato podmínka dodržena pomocí elektrických hornopropustných frekvenčních filtrů, které dovolují na drsnoměru nastavit základní délku, která se nazývá mezní rozteč  $\lambda_v$ .  
[6]

## 5 VYHODNOCENÍ SOUČASNÉ KVALITY POVRCHU BROUŠENÝCH DÍLŮ

Textura povrchu hřídelových dílů může být ovlivněna několika faktory vztahujícími se jak k řeznému stroji/nástroji, tak i k samotnému obrobku: [11]

- stabilita stroje, řezného nástroje,
- opotřebení řezného nástroje a jeho orovnění,
- procesní kapalina,
- technický stav, výkon obráběcího stroje.

Nejčastěji upravovanými parametry na brousicích strojích GST a Buderus jsou:

- počet obrobených dílů do orovnění brousicího kotouče,
- otáčky rovnacího kotouče (GST – hnací hřídele),
- otáčky obrobku.

Tyto parametry mají největší vliv na kruhovitost a jakost povrchu. Dalším z hlavních faktorů ovlivňujících kvalitu obráběných ploch je procesní kapalina. Brusky značky Buderus mají chladicí systém, který ochlazuje procesní kapalinu. Dalším faktorem ovlivňujícím kvalitu broušení je také čištění procesní kapaliny.

Broušené válcové plochy mají rozdílnou hodnotu textury povrchu v závislosti na typu brusky, dále také na ročním období a denní době (rozdílné teploty v průběhu dne). Rozdíly v kvalitě broušených povrchů jsou také způsobeny orovnáváním brousicích kotoučů, které ihned po orovnění vytvářejí na broušeném povrchu hrubší strukturu.

Pro zjištění a poznání současného stavu kvality textury povrchu broušených hřídelových dílů byly shromážděny data z měření na drsnoměru Hommel TESTER T1000 za období tří měsíců. V prosinci lze očekávat horší jakost broušených válcových povrchů z důvodu rozdílných kvalit dodávaných brousicích kotoučů. Kvalita obráběných povrchů byla zpracována graficky v programu Microsoft Excel.

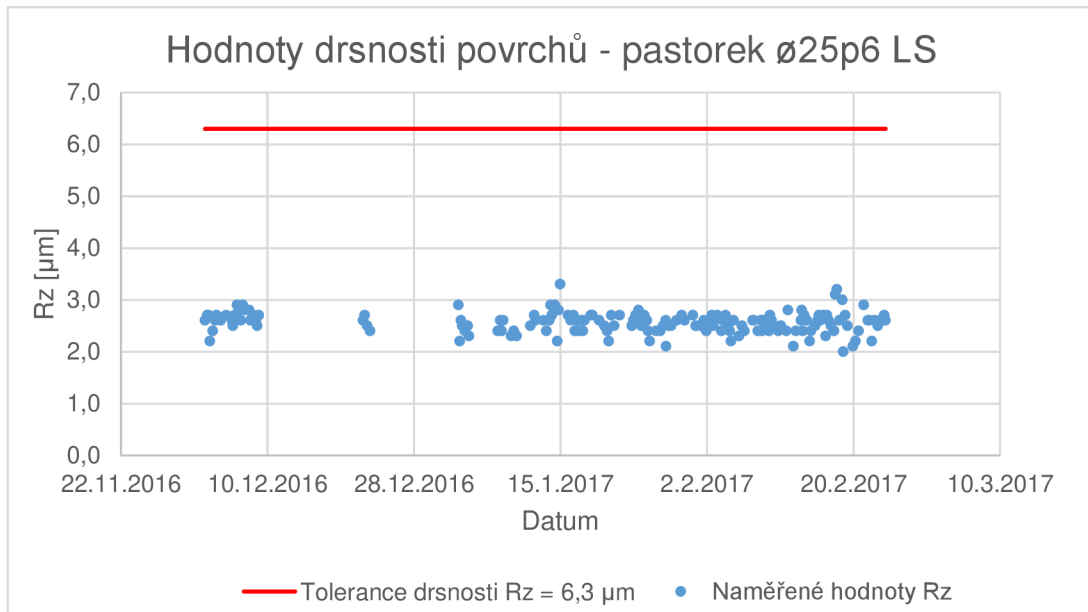
### 5.1 Textura broušených válcových ploch

Pro lepší přehled, pozdější porovnávání a zjišťování korelace s parametrem  $A_q$  bylo shrnuto měření textury na drsnoměru Hommel TESTER T1000 za 3 měsíce (12/2016 až 2/2017) a rozděleno po měsících a následně graficky zpracováno. V prosinci bylo měřeno méně obrobků, než je standart z důvodu celozávodní dovolené.

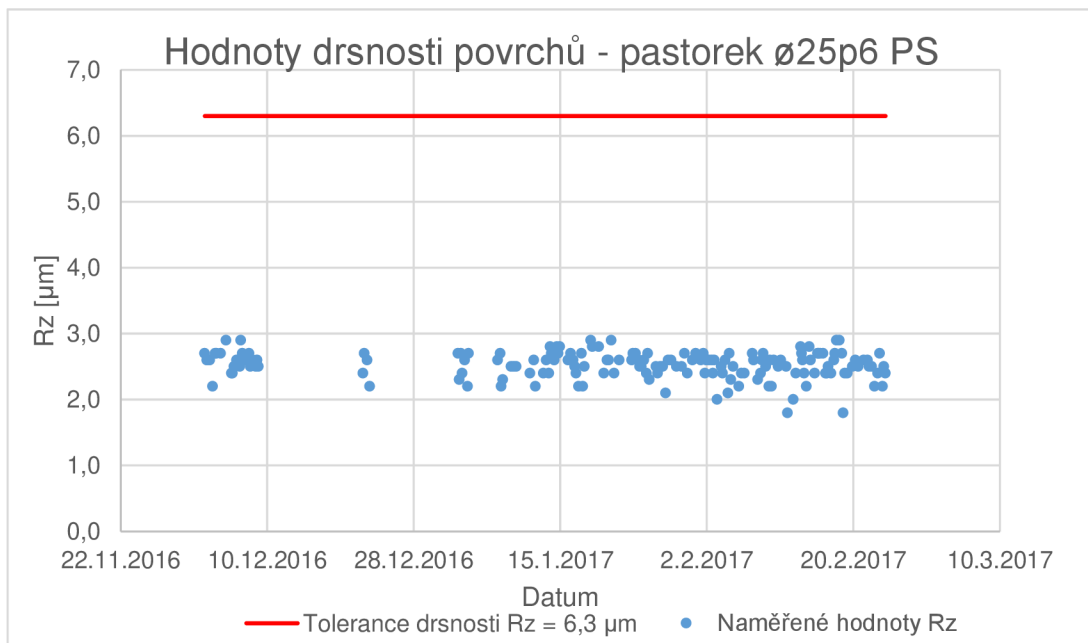


### 5.1.1 Textura válcových ploch pastorků

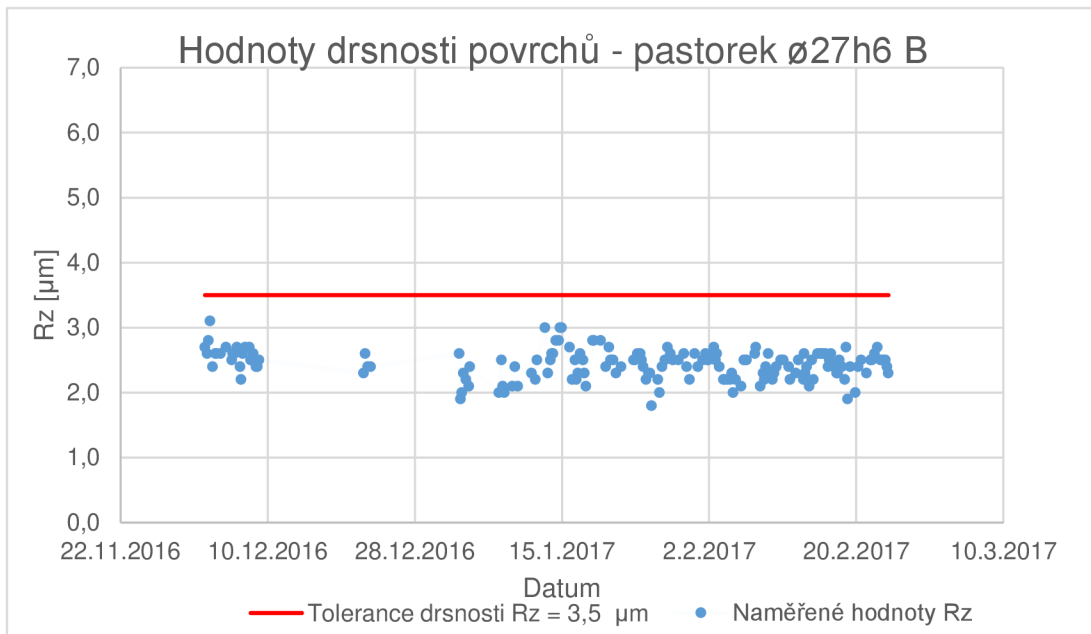
Měření byla zpracována pro každou měřenou válcovou plochu v daném kontrolním období zvlášť. Následují grafy zobrazující průběh hodnot Rz za kontrované období tří měsíců pro každou válcovou plochu hřídelových dílů převodovky MQ100.



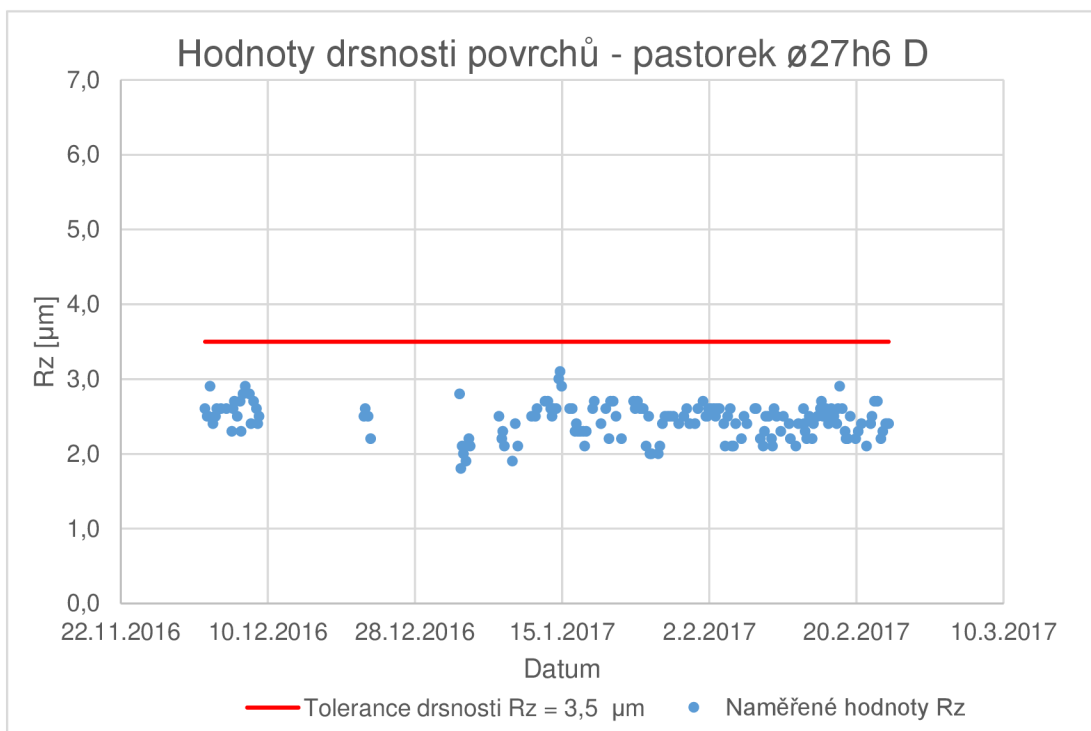
Graf 5.1.1.1 Jakost povrchu  $\varnothing 25p6$  LS Pastorek



Graf 5.1.1.2 Jakost povrchu  $\varnothing 25p6$  PS Pastorek



Graf 5.1.1.3 Jakost povrchu ø27h6 B Pastorek

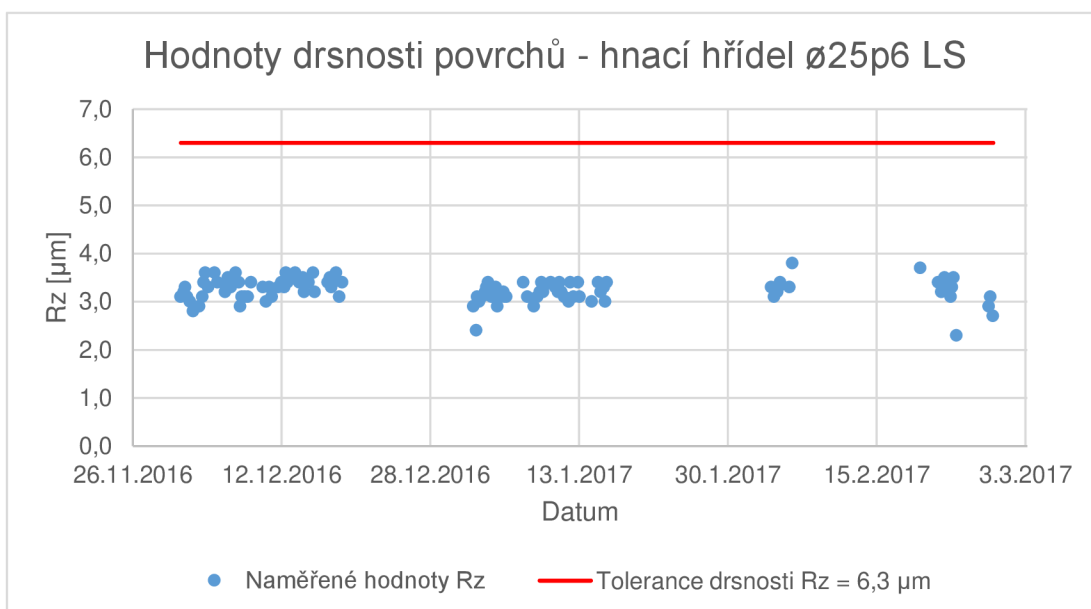


Graf 5.1.1.3 Jakost povrchu ø27h6 D Pastorek

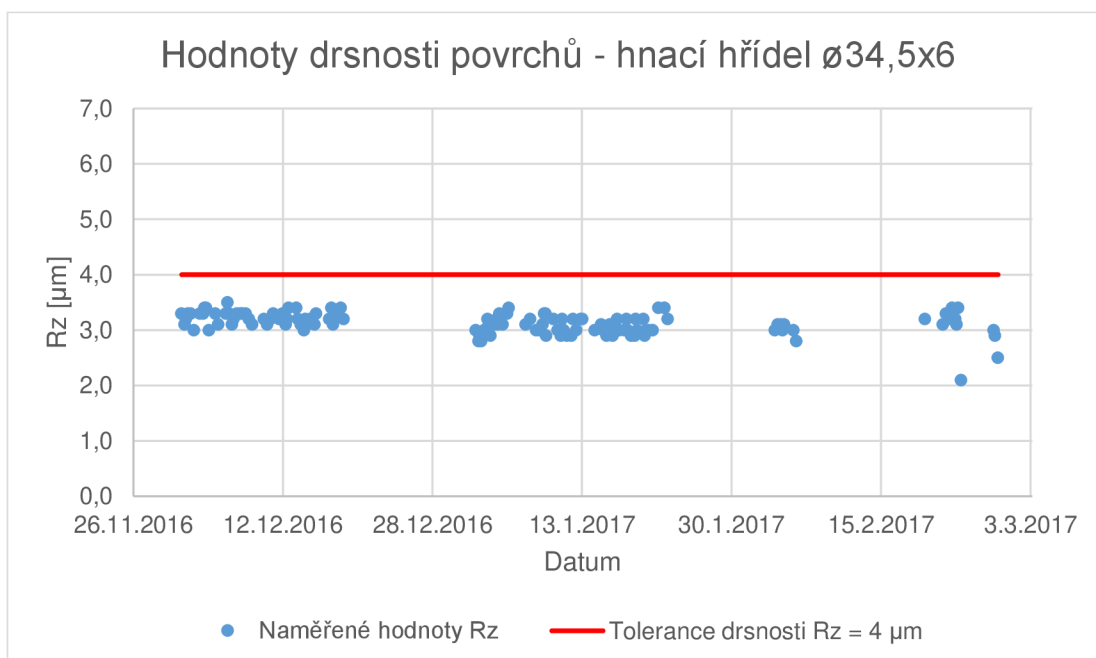
Pro zobrazení současné kvality broušených povrchů byly uvedeny grafy všech měřených válcových ploch pastorků zobrazující hodnoty parametru Rz za celé kontrolní období. Lze pozorovat, že hodnoty textury povrchu průměrů ø25p6 pro kuželíková ložiska se pohybují přibližně v polovině toleranční hodnoty. Hodnoty parametru Rz pro válcové plochy průměrů ø27h6 dosahují stejných hodnot jako na průměrech ø25p6, ale jsou blíže hranici tolerance.

### 5.1.2 Textura válcových ploch hřídelů

Zpracování hodnot měření textury povrchů válcových ploch u hnacích hřídelů bylo provedeno stejným způsobem jako u pastorků. Měřené hodnoty jsou uvedeny pro válcové plochy průměrů  $\varnothing 25p6$  a  $34,5x6$ , protože právě tyto dvě válcové plochy jsou společné pro měření taktilní metodou a metodou rozptýleného světla.



Graf 5.1.2.1 Jakost povrchu  $\varnothing 25p6$  LS Hnací hřídel



Graf 5.1.2.2 Jakost povrchu  $\varnothing 34,5x6$  Hnací hřídel

## 5.2 Vyhodnocení textury povrchu broušených ploch

Výsledné naměřené hodnoty textury povrchu se dle měření pohybují okolo poloviny hodnoty tolerance parametru Rz v případě válcových ploch pro kuželíková ložiska. U ostatních válcových ploch se měřené hodnoty parametru Rz pohybují okolo ve stejném rozmezí, jsou však blíže toleranci, která je stanovena na nižší hodnotu než u ploch pro kuželíková ložiska. Této kvality je dosaženo vhodným nastavením řezných podmínek, také stabilitou stroje a včasným orovnáváním broušicích kotoučů. Díky dosažení nízkých hodnot parametru Rz broušených ploch zbývá více prostoru pro odchylku v geometrických a rozměrových tolerancích.

Výměny broušicích kotoučů na bruskách žádným způsobem neovlivnily hodnotu parametru Rz broušených ploch ani u hřídelů, ani u pastorků. Po nasazení nového broušicího kotouče dojde k jeho orovnáání, následně se vyzkouší správnost broušení na jednom obrobku, který je po obroušení změřen na TK. Po rozměrových zkouškách je kotouč v případě nevyhovujících rozměrů obrobku znovu orovnáán a celý proces se opakuje. V opačném případě se pokračuje v sériové výrobě.

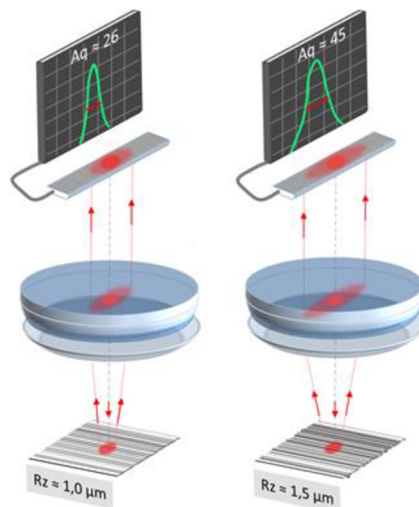
## 6 ROZBOR A POPIS MĚŘICÍ METODY ROZPTÝLENÝM SVĚTLEM

Díky optickému senzoru firmy OptoSurf je možné kontrolovat a měřit texturu povrchu přímo ve výrobním procesu. Oproti dotykovým měřidlům, která měří výhradně vertikální veličiny a jsou velmi citlivá při měření textury povrchu do velikosti  $Rz = 1$  [ $\mu\text{m}$ ], měří senzor OS500 profilové úhly a není citlivý na vibrace. Dokáže velice přesně měřit mikroprofilové úhly, které jsou velmi důležitým faktorem z hlediska ztrát energií a hlučnosti. Měření úhlů touto metodou je přesné a díky tomu je možné stanovit tvar a vlnitost daného povrchu. [8]

### 6.1 Měření textury povrchu

#### 6.1.1 Měření textury povrchu rozptýleným světlem

Měřicí senzor OS500 využívá principu úhlového rozlišení rozptýleného světla. Paprsek má charakter LED světla. Senzor je konstruován tak, že zachytí odražený paprsek od obrobeného povrchu a vyhodnotí profil povrchu, včetně textury povrchu, na základě úhlu odraženého paprsku. Výstupní charakteristikou textury povrchu je parametr  $Aq$  [ - ], který je velmi citlivý na rozdílnou texturu. Průměr měřicího paprsku bývá z pravidla nastavený na 0,9 mm, v případě potřeby se dá nastavit na průměr 0,3 mm. [8]



Obr. 6.1.1.1 Měření textury povrchu metodou rozptýleného světla [14]

Zvláštní parametr  $M$  (střed těžiště rozprostření) může být použitý pro měření tvarových chyb u kulatých nebo plochých dílů. Integrovaním úhlů odrazu je získána absolutní tvarová chyba v  $\mu\text{m}$ . Pro toto měření je nezbytný jak precizní pohyb (rotace pro kulaté tvary) měřeného objektu, tak i znalost délky měření (průměr pro kulaté tvary). [8]

### 6.1.2 Měření lokální textury povrchu

Měření textury povrchu metodou rozptýleného světla není na rozdíl od taktilních měřících metod lineární, ale díky určité šířce paprsku dokáže změřit texturu většího obsahu povrchu. Světlo odražené od povrchu se v závislosti na úhlech mikrostruktury odrazí na snímací senzory ve tvaru elipsy, která podle textury povrchu mění délku hlavní osy. Sensorová hlava snímače musí být, kvůli lineárním snímačům, nastavena pro axiální nebo radiální měření textury. V případě potřeby změny snímání z axiálního na radiální měření nebo naopak, stačí otočit sensorovou hlavu o 90°. [8]

### 6.1.3 Podmínky měření

Měřicí přístroj OptoSurf se sensorovou hlavou OS500 lze použít jak v laboratorních podmínkách, tak přímo v provozu na dílně. Musí však být dodrženy určité podmínky:

- zamezení přímého slunečního svitu a silného umělého osvětlení do prostoru měření,
- provozní teploty udržovat v +5 °C až 45 °C,
- relativní vlhkost okolní atmosféry max. 95 % nesrážlivý. [8]

Dále je pro korektní měření třeba očistit měřený povrch od hrubých nečistot, a to buď ofoukáním, nebo mechanickým setřením. Pokud měřený povrch pokrývá homogenní vrstva tenkého olejového filmu, měření by nemělo být ovlivněno. Měřicí paprsek sensorové hlavy má být nastaven proti měřenému povrchu tak, aby se hodnota parametru M pohybovala okolo 0, a přitom hodnota intenzity světla odraženého paprsku byla co nejvyšší. Vertikální úhel paprsku senzoru má toleranci okolo 2°. [8]

Odstup senzoru od měřeného povrchu musí být 5 mm, tolerance této vzdálenosti pro měření kulatých povrchů o průměru  $\varnothing 25$  mm je  $\pm 0,25$  mm. [8]

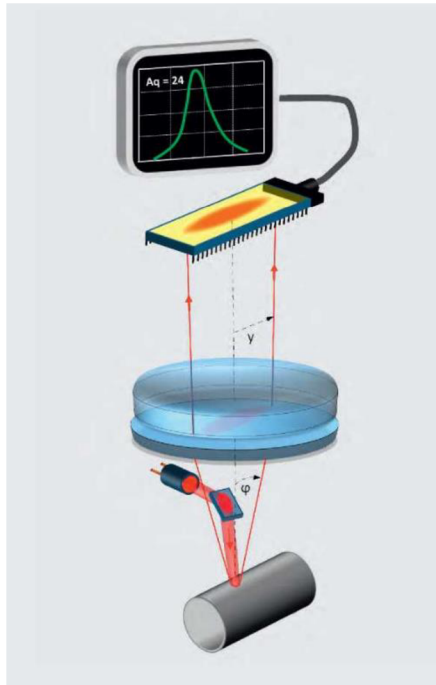
### 6.1.4 Limity metody a výjimky

Senzor OS500 a měření metodou rozptýleného světla funguje pouze na obrobených plochách. Dolní hranice měření  $R_z$  je  $R_z = 0,1$  [ $\mu\text{m}$ ], horní hranice je  $R_z = 15$  [ $\mu\text{m}$ ]. Povrchy se stejnou hodnotou parametru  $R_z$ , popř.  $R_a$  mohou mít jiné měřené parametry  $A_q$  a to z důvodu vlastního principu měření daných parametrů. Parametr  $A_q$  je definován na základě úhlů profilu mikrostruktury. U některých ploch je však tento parametr relevantnější než parametr  $R_z$  nebo  $R_a$ . [8]

## 6.2 Senzor OS 500

Senzorem OS500 lze dobře měřit všechny zrcadlivé povrchy. Spektrum využití metody rozptýleného světla je použitelné jak pro měření textury povrchu funkčních ploch, tak i pro kontrolu geometrických tolerancí. Senzor je schopný zaznamenat až 2000 měření textury povrchu za sekundu a na rozdíl od taktilních metod měření, parametr  $A_q$  popisuje texturu povrchu plošně, ne pouze lineárně, jako je tomu například u dotykových drsnoměrů. [8]

Světlo používané na měření textury je emitováno třemi LED svítilnami, paprsek má tvar kruhu. Po dopadu na měřenou plochu se světlo odráží zpět do senzoru a v závislosti na vrcholových úhlech mikrostruktury má odražený paprsek tvar elipsy. Podle délky hlavní osy elipsy je integrován výpočet pro texturu povrchu a podle posunutí ohnisek elipsy je vyhodnocována vlnitost, kruhovitost, rovinnost. [8]

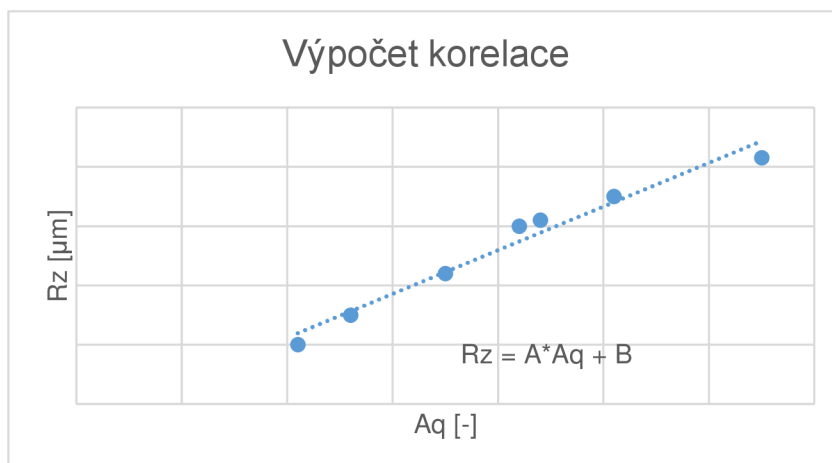


Obr. 6.2 Způsob měření textury senzorem OS500 [14]

### 6.3 Popis metody stanovení korelace

Technika rozptýleného světla nemůže měřit přímo exaktně parametry  $R_z$ ,  $R_a$  apod. Měřený parametr  $A_q$  nemá přímou korelaci k standartním parametrům  $R_a$  nebo  $R_z$ . Nehledě na to je ale vždy možné zapojit tyto parametry jednorázovým vztažným měřením konvenčním profilometrem. [8]

Pro výpočet korelace se doporučuje vybrat pět měření obou přístrojů z různých míst každého dílu k docílení jistoty měření. Charakteristické hodnoty ( $R_a$  nebo  $R_z$ ) se zanesou do tabulky a software kalkuluje koeficienty  $A$  a  $B$  pro konverzi  $A_q$  do  $R_z$ ,  $R_a$ . [8]



Graf 6.3 Obecný postup pro výpočet korelace parametrů Rz a Aq

Výsledkem této kalkulace je rovnice přímky, která udává lineární závislost obou parametrů. Díky této rovnici můžeme po provedení ověřovacích zkoušek určit hodnotu tolerance parametru Aq a zavést měření metodou optického světla. [8]



## 7 APLIKACE MĚŘICÍ METODY ROZPTÝLENÝM SVĚTLEM PRO STANOVENÍ JAKOSTI BROUŠENÝCH POVRCHŮ HŘÍDELOVÝCH DÍLŮ PŘEVODOVKY MQ100

Na přístroji OptoSurf je v současné době prováděna kontrola kruhovitosti přímo ve výrobě. Kontrola kruhovitosti ve výrobě je zařazena za účelem možnosti častější úpravy procesu broušení, tedy provedení potřebného zásahu do obráběcích parametrů v případě nevyhovujících geometrických odchylek tvaru, nebo textury povrchu. Tato kontrola je vhodná také z důvodu rychlosti a malé náročnosti na očištění dílů. V případě kontroly kruhovitosti na TK je příprava pro měření časově náročná a z toho důvodu není prováděna s dostatečnou frekvencí pro včasný zásah do broušícího procesu.

Velká výhoda přístroje OptoSurf je, že aplikace tohoto přístroje pro měření textury povrchu je velice jednoduchá. Technická úprava stroje pro měření textury není potřeba, měřidlo již v současnosti měří parametr Aq, který vyjadřuje kvalitu textury povrchu pro metodu rozptýleného světla. Pro využití tohoto měření je třeba stanovit hraniční toleranční hodnoty parametru Aq pro měřené povrchy metodou popsanou v kapitole 6.3 stanovením korelace. Celkový postup měření touto metodou zůstává stejný jako doposud, kdy byla měřena pouze kruhovitosť. Po změření vyhodnocovací software porovná naměřené hodnoty Aq se stanovenou tolerancí.

Postup při měření na přístroji OptoSurf OS500:

- očištění dílu,
- upnutí dílu mezi hroty měřícího přístroje,
- volba měřícího programu na stroji,
- spuštění měřícího programu,
- měření kruhovitostí a textury povrchu jednotlivých průměrů za stálých otáček obrobku,
- odeslání výsledků měření do aplikace qs – Stat,
  - volba dílu a broušícího stroje,
  - důvod měření,
  - ID dílu,
- vyjmutí dílu ze stroje.

U obou hřídelových dílů je měření provedeno vždy ve třech rovinách jedné válcové plochy. Pouze u krajních průměrů, kde hrozí kolize senzoru s ozubeným kolem, je měření prováděno pouze v jedné rovině. Počet měřených rovin lze změnit dle potřeby. Na obrázku 7.1 je uveden příklad měření kruhovitosti a textury povrchu pastorku přístrojem OptoSurf OS500.



Obr 7.1 Měření textury povrchu a kruhovitosti senzorem OS500

Změření parametru  $A_q$  v jedné rovině trvá přibližně 3 sekundy. Při zavedení kontroly textury na měřidlo OptoSurf by byl ušetřen nejen pracovní čas, ale také náklady na provoz taktilní metody, která by zůstala ve výrobě pouze pro měření textury povrchu čel ozubení kola 2. rychlosti, textury povrchu ozubení a případné ověřování hraničních výsledků z měření na optickém přístroji. Čas obsluhy by byl ušetřen v podobě odbourání následujících položek:

- ověřením drsnoměru Hommel před každým měřením na etalonu,
- nastavování dílu pro měření taktilní metodou,
- výměna měřicího hrotu v případě nutnosti.

Další výhodou přístroje OptoSurf oproti taktilním měřidlům, je komplexnější vyhodnocení jakosti povrchu, z důvodu větší měřené plochy a většího počtu měřených míst. Nejedná se pouze o liniové hodnocení textury povrchu na jednom měřeném místě jako u taktilní metody, ale o hodnocení jakosti povrchu po celém obvodu u dané měřené roviny. Tímto dojde k mnohem důkladnějšímu proměření povrchu oproti původní metodě měření.

## 8 VÝPOČET KORELACE, OVĚŘOVACÍ ZKOUŠKY

Data použitá pro stanovení korelace parametrů Rz a Aq byla shrnuta za období 3 měsíců. Za tuto dobu bylo nashromážděno velké množství naměřených dat. Tato data budou použita pro nalezení lineární korelace. Díky velkému množství dat nebude korelace parametrů zatížena nepřesnostmi měření.

### 8.1 Výpočet korelace parametrů Rz a Aq

#### 8.1.1 Postup při shromažďování dat

Hodnoty měření na taktilním drsnoměru byly převedeny z papírové do elektronické podoby v aplikaci MS Excel. Data z měření na drsnoměru jsou zapisována ve výrobě ručně do protokolů, oproti měření na měřidle OptoSurf OS500, odkud jsou výsledky odesílány do programu qs – Stat, díky tomu jsou výsledky měření dostupné ihned z počítačů v kancelářích.

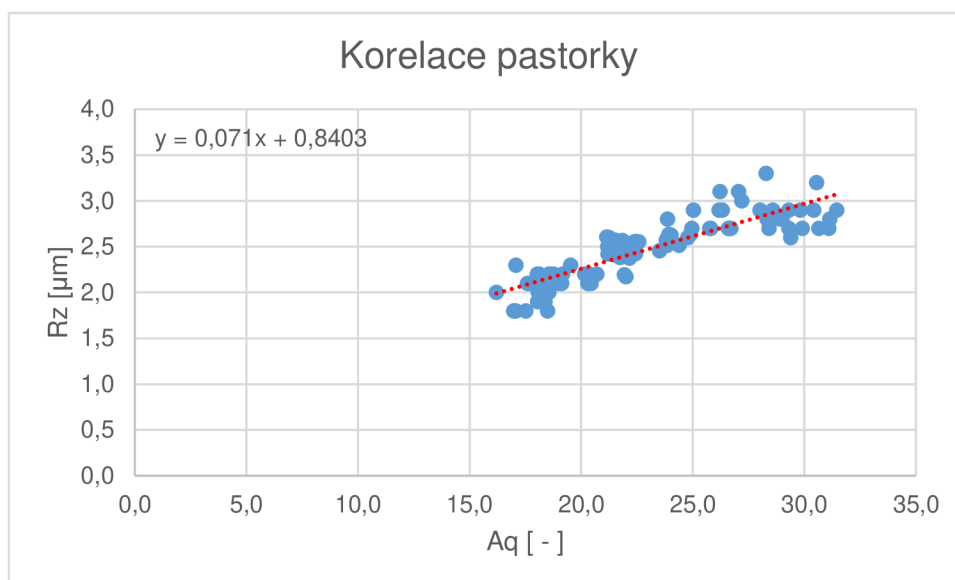
#### 8.1.2 Výpočet korelace

Za účelem porovnání obou parametrů byly zpracovány hodnoty jednotlivých válcových ploch hřídelových dílů, které jsou společné pro oba způsoby měření. Z daných hodnot byly vytvořeny průměrné hodnoty, maxima a minima jednotlivých válcových ploch hřídelových dílů za každý týden sledovaného období. Výše zmíněné extrémy obou parametrů (Rz a Aq) za každý týden byly poté použity pro výpočet korelace.

Data byla početně i graficky zpracovávána v programu MS Excel. Do grafických průběhů byla vložena tzv. lineární spojnice trendu včetně zobrazení její rovnice. Postup porovnávání maxim, minim a průměrných hodnot byl zvolen z důvodu velkého počtu naměřených hodnot Aq (cca 5200 hodnot Aq pro pastorky a 2800 hodnot Aq pro hřídele) a také kvůli rozdílu počtu naměřených hodnot jednotlivými metodami. Rozdílná četnost měření je dána KPO. Tímto rozdělením dojde k zohlednění nejen průměrných hodnot, ale také extrémů. Postup byl proveden nejdříve pro pastorky a následně i pro hnací hřídele.

#### 8.1.3 Výsledky korelace – pastorky MQ100

Při korelaci parametrů textury povrchu nebyl u pastorků za celé kontrolní období výskyt výkyvů a ve všech třech měsících byl výsledek korelace velice podobný. Pro jednoznačné stanovení korelace obou parametrů byly průměrné hodnoty ze všech válcových ploch za celé tři měsíce vloženy do jednoho grafu a tím byla proložena přímkou.



Graf 8.1.2 Korelace parametrů Rz a Aq – pastorky

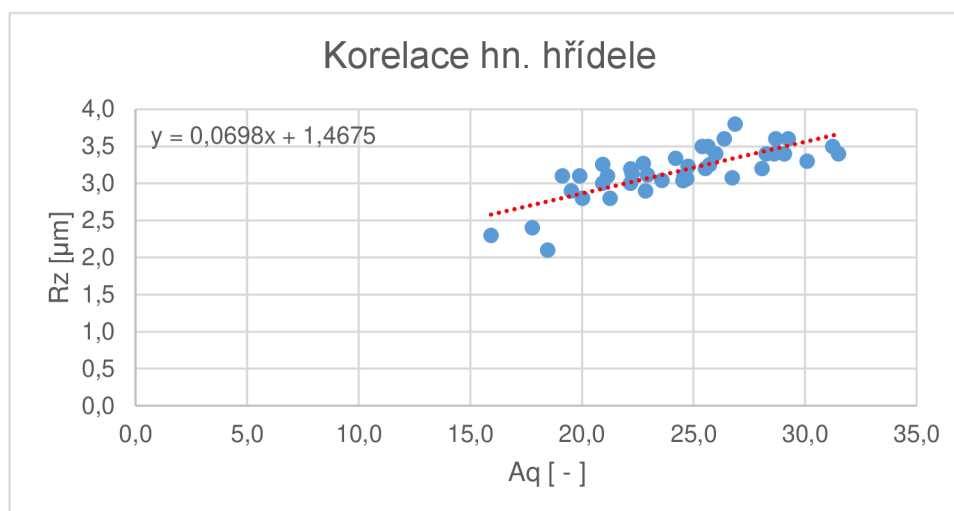
Rovnice přímky udává vztah hodnot parametrů Rz na Aq. Díky tomuto vztahu bude moci být stanovena tolerance hodnoty parametru Aq pro měření válcových ploch pastorků na přístroji OptoSurf. Pro lepší přehled byla vytvořena tabulka s přepočty hodnot parametru Rz na Aq.

Tab. 8.1.2 Přepočet Rz na Aq – pastorky

Rz [µm]	Aq [-]
2	16,33
2,5	23,38
3	30,42
3,5	37,46
4	44,50
4,5	51,55
5	58,59
5,5	65,63
6	72,67
6,3	76,90

#### 8.1.4 Výsledky korelace - hnací hřídele MQ100

Při vyhodnocování korelace daných parametrů textury povrchu hnacích hřídelů bylo postupováno stejně jako u pastorků. Na rozdíl od pastorků však bylo méně dat pro vyhodnocení korelace, protože společně měřené průměry taktilní metodou a metodou rozptýleného světla jsou pouze dva:  $\varnothing 25p6$  LS a  $\varnothing 34,5x6$ .



Graf. 8.1.3 Korelace parametrů Rz a Aq – hnací hřídele

Rovnice pro korelaci parametrů u pastorků a hnacích hřídelů je jiná. Odlišnosti jsou způsobeny rozdílem v počtu měřených hodnot.

Tab. 8.1.3 Přepočítání Rz na Aq – hnací hřídele

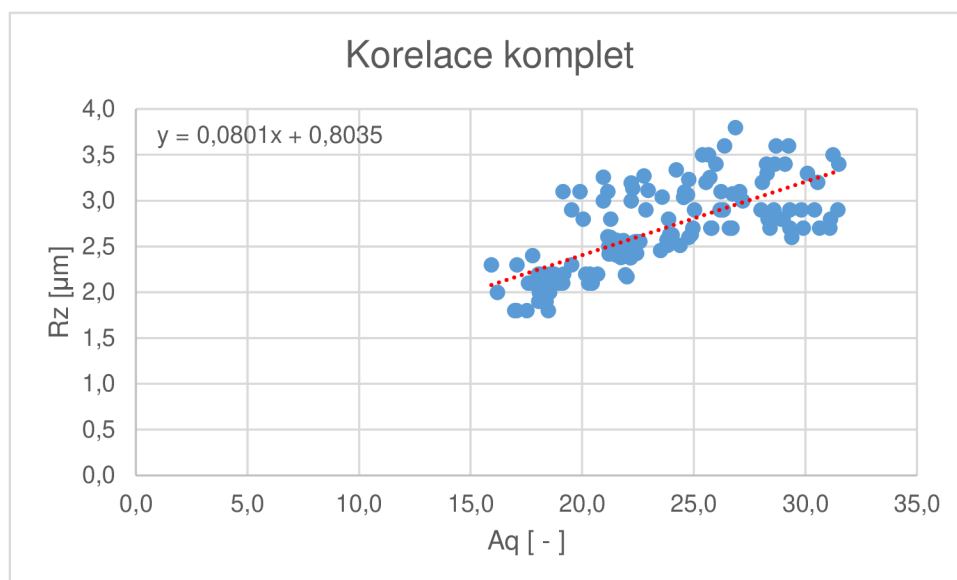
Rz [µm]	Aq [ - ]
2	7,63
2,5	14,79
3	21,96
3,5	29,12
4	36,28
4,5	43,45
5	50,61
5,5	57,77
6	64,94
6,3	69,23

### 8.1.5 Vyhodnocení korelace

Výsledné hodnoty korelace obou parametrů pro hřídele i pastorky jsou uvedeny v tabulkách 8.1.2 a 8.1.3. Nejpodobnější korelace obou dílů vychází okolo hodnoty parametru  $Rz = 3 - 3,5$  [µm]. V ostatních hodnotách se obě korelace liší. Rozdíly v korelacích jsou dány:

- rozdílným počtem hodnot použitých pro korelaci,
- místem měření oběma metodami,
- velký rozdíl výšek profilu (Rz) neznamená ostré úhly mikrostruktury (Aq) a naopak,
- ovlivnění měření metodou rozptýleného světla špatným očištěním dílu, světelnými podmínkami,
- ovlivnění měření taktilní metodou vibracemi.

Pro stanovení horní tolerance parametru Aq hřídelových dílů byly shromážděny hodnoty obou měřených parametrů hřídele i pastorku a vloženy do jednoho grafu, kterým byla opět proložena lineární spojnice trendu. Z její rovnice se poté vypočítala výsledná korelace pro určení tolerancí jakosti povrchů obou dílů.



Graf 8.1.4 Celková korelace Rz a Aq

Pro stanovení tolerance parametru Aq při měření metodou rozptýleného světla bude použita korelace daná tímto grafem z důvodu nejmenšího zatížení chybou měření a nejmenším ovlivněním okolními vlivy při měření. Toto spojení hodnot pro pastorky a pro hnací hřídele bylo provedeno na základě stejných brousicích strojů, stejných dodavatelů brousicích kotoučů a podobným řezným podmínkám. Podle rovnice v grafu 8.1.4 byl přepočítán takto:

Tab. 8.1.4 Konečná forma korelace

Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Aq [-]
2	14,94
2,5	21,18
3	27,42
3,5	33,66
4	39,91
4,5	46,15
5	52,39
5,5	58,63
6	64,88
6,3	68,62

Pro dodržení dosavadních standardů kvality obráběcích procesů je navrhovaná hodnota Aq = 30 [-] odpovídající hodnotě Rz  $\approx$  3,2 [ $\mu\text{m}$ ]. Definitivní rozhodnutí o hodnotě tolerance bude provedeno po ověřovacích zkouškách.

## 8.2 Ověřovací zkoušky

Ověřovací zkoušky byly provedeny v období 21. 4. až 28. 4. 2017. Zkoušky byly provedeny z důvodu patrného rozptylu naměřených hodnot použitých pro korelaci a stanovení korelační rovnice. Pro rozhodování je vhodné zjistit přibližnou nejistotu měření, která je dána použitou metodou (taktilní vs. optická) a hlavně místem měření. Při sériovém měření taktilní metodou navíc nelze zajistit, aby byl každý díl měřen pokaždé na stejném místě válcové plochy. Pro ověření vlivu místa měření na velikost naměřeného parametru Rz byly zavedeny ověřovací zkoušky na pastorek po operaci broušení. Navrhovaný počet měření je 10 na každé válcové ploše pastorku společné pro obě metody. Jednotlivá měření jsou prováděna v různých místech po obvodu (10 měření = 10 míst = cca po 36°).

### 8.2.1 Postup při ověřovacích zkouškách

Pro uvěřování přesnosti měřidel byl vybrán jeden pastorek po operaci 130. V první části byly změřeny válcové plochy taktilní metodou. Po každém měření byl pastorek pootočen o úhel cca 36° a provedeno jedno měření. Tím je zajištěno rovnoměrné zmapování povrchu dané válcové plochy.

Následně byl stejný pastorek změřen na optickém měřidle OptoSurf OS 500. Po každém měření bylo provedeno ještě jedno měření kontrolní, pro ověření opakovatelnosti optického měřidla. Druhé měření nebylo použito pro ověřovací zkoušky. Měření byla v daných dnech provedena v 8 hodin, další ve 12 hodin a poslední v 15 hodin. Měření byla takto rozvržena z důvodu rozdílného ovlivnění měření slunečním světlem.

Měřený pastorek byl odebrán přímo z výstupního pásu obráběcího stroje, očištěn a položen vedle měřícího přístroje, aby se nateperoval na teplotu okolí stejně jako měřící přístroje. Pastorek byl před měřením opětovně řádně očištěn.

### 8.2.2 Vyhodnocení ověřovacích zkoušek

První hodnocení textury povrchu bylo provedeno na taktilním drsnoměru. Každá měřená válcová plocha byla změřena 10krát. Naměřené hodnoty parametru Rz jsou uvedeny v tabulce 8.2.2.



Tab. 8.2.2 Měřené hodnoty drsnosti taktilní metodou pro ověřovací zkoušky

Rz [ $\mu\text{m}$ ]				
Měření	Levý $\varnothing 25$	$\varnothing 27\text{h}6 \text{ B}$	$\varnothing 27\text{h}6 \text{ D}$	Pravý $\varnothing 25$
1	3,0	2,9	2,4	3,6
2	3,5	2,8	2,9	3,4
3	3,8	3,0	2,9	3,4
4	3,8	2,8	2,8	3,3
5	3,2	2,8	3,2	3,0
6	2,9	2,5	2,6	3,2
7	2,9	3,2	2,7	2,8
8	3,1	2,4	2,8	3,3
9	3,2	2,8	2,6	3,4
10	3,2	2,8	2,6	3,0
<b>MAX</b>	3,8	3,2	3,2	3,6
<b>MIN</b>	2,9	2,4	2,4	2,8
<b>ROZSAH</b>	0,9	0,8	0,8	0,8
<b>STŘED. HODNOTA</b>	3,3	2,8	2,8	3,2
<b>ODCHYLKA <math>\pm</math></b>	0,45	0,4	0,4	0,4
<b>ODCHYLKA v %</b>	13,8 %	14,3 %	14,5 %	12,3 %

Odchylka v procentech je vztažena ke střední hodnotě naměřených parametrů. Z těchto měřených hodnot bude vycházet porovnání přesnosti taktilního měřidla Hommel, přičemž směrodatná bude odchylka udaná v procentech. Na základě naměřených hodnot lze konstatovat, že naměřená hodnota se místem měření může lišit až cca  $\pm 15\%$  od střední hodnoty. Z čehož je nutné posuzovat každou naměřenou hodnotu, např. pokud bude provedeno pouze jedno měření na válcové ploše a naměřená hodnota  $Rz = 3,3 [\mu\text{m}]$ , tak to znamená, že tato hodnota může být MIN, MAX nebo střední hodnotou hodnoceného povrchu. Z provedených měření je patrné, že rozpětí u broušeného povrchu je obvykle  $0,8 [\mu\text{m}]$ .

Následné měření na optickém měřidle proběhlo se stejnou četností jako měření taktilní metodou. Následuje tabulka s naměřenými hodnotami parametru  $Aq$  pro vybraný pastorek. Tabulka bude použita pro posouzení přesnosti optického měřidla OptoSurf vůči přesnosti taktilního měřidla Hommel.

Tab. 8.2.3: Měřené hodnoty drsnosti metodou rozptýleného světla pro ověřovací zkoušky

Aq [ - ]				
Měření	Levý ø25	ø27h6 B	ø27h6 D	Pravý ø25
1	31,19	31,55	29,03	30,86
2	30,36	32,04	31,30	30,89
3	30,38	31,45	31,38	30,28
4	29,89	29,94	29,01	26,83
5	28,84	31,03	30,10	26,90
6	28,85	31,08	30,16	26,80
7	29,92	32,33	31,69	27,99
8	28,94	31,28	30,45	27,26
9	28,99	32,43	29,71	27,90
10	29,43	32,72	29,91	28,25
MAX	31,2	32,7	31,7	30,89
MIN	28,8	29,9	29,0	26,8
ROZDÍL	2,3	2,8	2,7	4,1
STŘED. HODNOTA.	29,7	31,6	30,3	28,4
ODCHYLKA ±	1,17	1,39	1,34	2,05
ODCHYLKA V %	3,9 %	4,4 %	4,4 %	7,2 %

Na základě naměřených hodnot lze konstatovat, že naměřená hodnota se místem měření může lišit až cca  $\pm 5$  % od střední hodnoty. Z čehož je nutné posuzovat každou naměřenou hodnotu, např. pokud je provedeno pouze jedno měření na válcové ploše a naměřená hodnota  $Aq = 29$  [ - ], tak to znamená, že tato hodnota může být MIN, MAX nebo stř. hodnotou hodnoceného povrchu. Z provedených měření je patrné, že rozpětí u broušeného povrchu je obvykle 3 [ - ].

Z výše uvedeného vyplývá, že při hodnocení povrchu metodou rozptýleného světla je naměřená hodnota méně ovlivněna místem měření oproti metodě taktilní.

Z důvodu závislosti hodnoty parametru  $Rz$  na místě měření válcové plochy lze daný rozptyl naměřených hodnot v grafu pro výpočet korelace zanedbat a stanovit pásmo hodnot, které budou relevantní pro výpočet korelace. Ostatní hodnoty nezapadající do tohoto pásma uvažujeme, ale je známo, čím je způsoben jejich rozptyl, takže jimi nebude „zkreslen“ výpočet korelace.

Také lze říci, že na základě vyhodnocení odchylky pro parametr  $Aq$  lze považovat rozdíl v korelacích hnacích hřídelů a pastorků okolo 10 % za vyhovující a může být stanovena společná tolerance pro oba tyto díly dle kapitoly 8.1.5.

## 9 DISKUZE

### 9.1 Rozbor výsledků

Z ověřovacích zkoušek lze pozorovat, že výsledky měření taktilní metodou jsou závislé na místě měření. Tato závislost vyplývá z principu samotné metody, kdy měření probíhá pouze lineárně.

Měření optickým měřidlem je v současnosti závislé na intenzitě okolního osvětlení. Tímto faktorem jsou hodnoty měření optickou metodou rozptýleného světla ovlivňovány. Výsledky korelace pro pastorky a pro hnací hřídele si jsou podobné, tolerance pro měření metodou rozptýleného světla by mohla být pro oba díly stejná.

### 9.2 Návrh řešení

Pro zajištění správnosti měření optickým měřidlem je třeba provést úpravy měřicí stanice v podobě zastínění prosklených ploch stanice. Tyto úpravy budou provedeny výrobcem stanice.

Navrhovanou hodnotou tolerance parametru  $A_q$  pro měření drsnosti na optickém měřidle je  $A_q = 33$  [ - ] pro hodnotu tolerance parametru  $R_z = 3,5$  [ $\mu\text{m}$ ],  $A_q = 39$  [ - ] pro hodnotu tolerance parametru  $R_z = 4$  [ $\mu\text{m}$ ] a  $A_q = 68$  pro hodnotu tolerance parametru  $R_z = 6,3$  [ $\mu\text{m}$ ]. Při překročení této hodnoty bude daný díl pro ověření změřen taktilní metodou na přístroji Hommel TESTER T1000.

Navrhovaná hodnota však bude muset být ověřena po úpravě měřicí stanice OptoSurf. Po této úpravě bude vystaven zkušební list na ověření správnosti navrhované tolerance. Toto ověřování bude probíhat dlouhodobě následujícím způsobem: každý díl, který bude změřen dle KPO na přístroji OptoSurf, bude také změřen na TK taktilní metodou. Hodnoty z obou měření budou zaznamenány a následně porovnány.

## ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na nasazení nekonvenční a inovativní metody měření struktury povrchu metodou rozptýleného světla do sériové výroby pro kontrolu kvality textury povrchu hřídelových dílů převodovky MQ100.

V hlavní části práce byl popsán stav současné kvality textury povrchu, dále byla popsána aplikace nasazení metody měření rozptýleným světlem a stanovení korelační hodnoty parametrů  $A_q$  a  $R_z$ . V současnosti se hodnota parametru  $R_z$  pohybuje v polovině toleranční hodnoty válcových ploch pro kuželíková ložiska, ostatní válcové plochy dosahují stejných hodnot parametru  $R_z$ , ale pro tyto průměry je hodnota tolerance vyčerpána v průměru z 80 %. Byly provedeny ověřovací zkoušky, pro které byl vybrán jeden pastorek. Ten byl změřen několikrát oběma metodami. Cílem ověřovacích zkoušek bylo porovnání přesností obou měřidel a také ověření správnosti kroku sjednocení měřených dat pastorků a hnacích hřídelů pro výpočet korelace. Rozdíly v korelacích pastorků a hnacích hřídelů byl přibližně 10 % hodnoty parametru  $A_q$  pro danou hodnotu parametru  $R_z$ . Ověřovacími zkouškami se dokázalo, že přesnější optické měřidlo má v závislosti na měření odchylku 7,2 %. Na základě tohoto důkazu bylo rozhodnuto, že korelace stanovená pro oba typy hřídelových dílů dohromady může být považována za platnou. Dále byla stanovena tolerance pro parametr  $A_q$  pro jednotlivé válcové plochy následovně:  $A_q = 33$  [ - ] pro toleranci parametru  $R_z = 3,5$  [ $\mu\text{m}$ ],  $A_q = 39$  [ - ] pro toleranci parametru  $R_z = 4$  [ $\mu\text{m}$ ] a  $A_q = 68$  [ - ] pro toleranci parametru  $R_z = 6,3$  [ $\mu\text{m}$ ].

Měření textury povrchu metodou rozptýleného světla přístrojem OptoSurf OS500 je výhodné jak z technického hlediska, díky obsáhlejšímu zhodnocení textury povrchu broušené plochy, tak i z ekonomického hlediska, protože měření kvality textury povrchu přístrojem OptoSurf OS500 již probíhá. Není tedy třeba nákup nových přístrojů ani technologické úpravy přístroje. V případě nutnosti nákupu nového měřidla by měření kvality textury povrchu metodou rozptýleného světla bylo finančně nevýhodné.

---

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] NACHTMANN, Lukáš. *Prezentace historie firmy ŠKODA AUTO a.s.* Mladá Boleslav, 2012.
- [2] Nová Škoda Kodiaq. *Http://www.skoda-auto.cz* [online]. Mladá Boleslav: © ŠKODA AUTO, 2017 [cit. 2017-05-21].  
Dostupné z: <http://www.skoda-auto.cz/models/kodiaq/prehled/>
- [3] © ŠKODA AUTO A.S. *Pětistupňová mechanická převodovka OCF a automatizovaná pětistupňová převodovka ASG.* Mladá Boleslav, 2012.  
Dostupné také z: <https://portal.skoda-auto.com>
- [4] © VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT a Aleš BITTNER. *Interní norma PV 5314: Třecí kroužek synchronizační spojky hnacích kol převodovky, Měření a hodnocení kvality povrchu.* Wolfsburg, 2016.
- [5] JENOPTIK, Industrial Metrology. *Návod k obsluze Hommel TESTER T1000.* Jena, Německo, 2012.
- [6] BUMBÁLEK, Bohumil, Vladimír ODVODY a Bohuslav OŠŤÁDAL. *Drsnost povrchu.* Praha: SNTL, 1989, 338 s.
- [7] *Prezentace společnosti ŠKODA AUTO a.s.* Mladá Boleslav, 2011. Dostupné také z: <https://portal.skoda-auto.com>
- [8] OPTOSURF. *Manuál administrátora Škoda 2013: Měření hřídelí a pastorků systémem OS 500.* Mladá Boleslav, 2013.
- [9] ŠKODA AUTO a.s. *Výroční zpráva 2015.* Mladá Boleslav: © ŠKODA AUTO a.s., 2016.
- [10] TEXT. *Zaměstnanecký portál ŠKODA AUTO a.s.* [online]. ŠKODA AUTO a.s.: © ŠKODA AUTO, 2017 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://portal.skoda.vwg/tomcat/text/uvodni.html?ldapRole=MOTORYMB%2CPREVODOVKYMB&serverName=smbmpt02.fw.skoda.vwg&urlIDFView=https%3A%2F%2Fdfview.skoda-auto.com%2Fcze&testOrProd=>
- [11] Sandvik Coromant. *Příručka obrábění – kniha pro praktiky.* Scienta, 1997
- [12] BITTNER, Ing. Aleš. *Pastorek OCF 311 205 P, Q, R, S.* Mladá Boleslav, 2014.
- [13] BITTNER, Ing. Aleš. *Hnací hřídel OCF 311 205 P, Q, R, S.* Mladá Boleslav, 2014.
- [14] BRODMANN, R. *Měření metodou rozptýleného světla.* © OptoSurf GmbH, Ettlingen, 2015

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Označení	Legenda
kW	kilowatty
mm	milimetry
μm	mikrometry
KPO	kontrolní plán operace
TK	technická kontrola
ZL	zkušební list
Rz	střední hloubka textury povrchu: střední hodnota pěti Rz-hodnot z pěti základních délek $l_r$ , jednotka: mikrometry [μm]
Aq	výstupní parametr měření textury povrchu metodou rozptýleného světla, bezrozměrná veličina [ - ]
VW	Volkswagen
MS	Microsoft
∅	průměr válcové plochy hřídele v milimetrech
LS	levá strana
PS	pravá strana
h6, p6, x6	tolerance velikosti průměru hřídele dle ISO
M	střed těžiště rozprostření
l	litr, jednotka objemu
ID	identifikační číslo

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1.2	Škoda Auto a.s. – přehled výsledků dodaných automobilů zákazníkům v letech 2015/2016
Tabulka 2.2.1	Přehled technických dat převodovky MQ100
Tabulka 4.1	Přehled kontroly kvality dle KPO
Tabulka 4.4	Parametry měření textury povrchu
Tabulka 8.1.2	Přepočet Rz na Aq – pastorky
Tabulka 8.1.3	Přepočet Rz na Aq – hnací hřídele
Tabulka 8.1.4	Konečná forma korelace
Tabulka 8.2.2	Měřené hodnoty textury povrchu taktilní metodou pro ověřovací zkoušky
Tabulka 8.2.3	Měřené hodnoty textury povrchu metodou rozptýleného světla pro ověřovací zkoušky
Tabulka 8.4.1	Korelace ověřovacích zkoušek

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1:	KPO pastorky OCF 311 205 L, M, R
Příloha 2	KPO hnací hřídele OCF 311 103 P, Q, R, S



Johan 12.9.2016



## KONTROLNÍ PLÁN OPERACE

**POUŽÍVEJ KALIBROVANÁ MĚŘIDLA**
**UDRŽUJ MĚŘIDLA V ČISTOTĚ**
**KONTROLUJ ČISTÉ KUSY**

četnost měření - počet kusů nebo náměrů po sobě jdoucích  
 interval - časový interval mezi jednotlivým měřením, (v minutách)  
 platí pro - platí pro vypsání díly  
 seřízení kontrolního přístroje - při zahájení práce a před každým měřením (pokud není interval uveden u nastavovacího kusu)

záznam - způsob záznamu do kontrolních karet  
 0 ...bez záznamu, A ...atributivní znak (pevná měřidla), V ...variabilní znak (číslíková měřidla), RK ...regulační karta, SPC ...karta SPC, SK ...sledovací karta dílu, FD ...elektronický sběr dat, bez statis. vyhodnocení disketa, SPC-E ...elektronický sběr dat, se statis. vyhodnocením  
 Na pracovišti uchovávat 1. kus dle směrnice ID.VK.15.004

Číslo dílu :		OCF 311 103 P,Q,R,S		Číslo operace :		135		Středisko :		2132	
Č. ROZ.	VÝROBCE	DRUH	ROZMĚR	ČET. MĚŘ.	INTERVAL	ZÁZNAM	PLATÍ PRO	POZNÁMKA			
1	1108-12	MAHR	Ø25 p6 (+0,022 +0,035) levá strana hříd.	1	120	SPC-E		NM	KALIBR TRĚMENOVÝ		
2			Ø25 p6 (+0,022 +0,035) - pravá strana hříd.								
3			Ø34,7 x6 (+0,080 +0,096)								
4			Ø34,5 x6 (+0,080 +0,096)								
5			Ø34,3 x6 (+0,080 +0,096)								
6			Ø24 h6 (-0,013)								
7			míra 69,9 +0,04								
8			míra 119,65 +0,04								
9			míra 16 +0,2								
10			míra 198,23 +0,03								
11			axiál. házení 0,02: levé čelo na kotě 16 +0,20								
			pravé čelo na kotě 69,9 +0,04								
	axiál. házení 0,02: pravé čelo na kotě 198,23 +0,03										
12	radiální házení 0,015: u prům 24 h6										
	radiální házení 0,01: u prům 25 p6										
	radiální házení 0,01: u prům. 34,7 x6; 34,5 x6; 34,3 x6										
13		DRSNOMĚR	drsnost: Rz10 pravé čelo kola č. II	1	480	protokol		NM-NS 2131			
			Rz6,3 na průměru 25p6			protokol					
			Rz4 na průměru 34,5x6			protokol					
			Rz1 - 4 na průměru 24h6			protokol					
		NORMÁL DRSNOSTI	-//-	1	den	protokol					
		PROFILOMĚR	míra 16,5 +0,10;	1	po výměně nástroje (orovnávače)	protokol		TK			
		PROFILOMĚR	míra 0,8 +0,1	1	480	protokol		TK			
		KRUHOMĚR	kruhovitost 0,003 u prům. 34,7 x6; 34,5 x6; 34,3 x6	1	480	protokol		TK			
			0,005 u prům. 25p6 2x	1	480	protokol		TK			
			rovnoběžnost 0,005: u prům. 34,7 x6; 34,5 x6; 34,3 x6: 25 p6 2x	1	480	protokol		TK			
			rad. házení 0,01 u prům. 34,3; 34,5; 34,7	1	480	protokol		TK			
			0,15 na prům. 24	1	480	protokol		TK			
			ax. házení 0,02 celo zpátečky	1	480	protokol		TK			
			0,02 cela 1 a 2 rychlosti	1	480	protokol		TK			

Johan 12.9.2016



## KONTROLNÍ PLÁN OPERACE

**POUŽÍVEJ KALIBROVANÁ MĚŘIDLA**

**UDRŽUJ MĚŘIDLA V ČISTOTĚ**

**KONTROLUJ ČISTÉ KUSY**

*četnost měření* - počet kusů nebo náměrů po sobě jdoucích  
*interval* - časový interval mezi jednotlivým měřením, (v minutách)  
*platí pro* - platí pro vypsání díly  
*seřízení kontrolního přístroje* - při zahájení práce a před každým měřením (pokud není interval uveden u nastavovacího kusu)

*záznam* - způsob záznamu do kontrolních karet  
 0 ...bez záznamu, A ...atributivní znak (pevná měřidla), V ...variabilní znak (číslicová měřidla), RK ...regulační karta, SPC ...karta SPC, SK ...sledovací karta dílu, FD ...elektronický sběr dat, bez statis. vyhodnocení disketa, SPC-E ...elektronický sběr dat, se statis. vyhodnocením  
**Na pracovišti uchovávat 1. kus dle směrnice ID.VK.15.004**

Číslo dílu :		OCF 311 103 P,Q,R,S			Číslo operace :	135	Středisko :		2132
Č. ROZ.	VÝROBCE	DRUH	ROZMĚR	ČET. MĚŘ.	INTERVAL	ZÁZNAM	PLATÍ PRO	POZNÁMKA	
16	1108-12	MAHR	míra 21,65 -0,03	1	120	FD		NM-OPTICLINE	
17			míra 35,45 -0,03						
		OPTICLINE	průměry zápichů "U"; "V"; "X"	1	480	protokol			
			míra 220,93 +0,20	1					
		PROFILOMĚR	tvary zápichů "U"; "V"; "X"	1	týden	protokol		TK	
		WERTH / M2	úhel špiček na spojovém drážkování dle detailu T1	1	týden	protokol	GQH	NM - WERTH / M6	
23	31-86-37M 000085	KALIBR TŘMENOVÝ	zápich "U" 32,7 -0,15	1	60	0			
24	31-86-37M 000086	KALIBR TŘMENOVÝ	zápich "V" 32,7 -0,15	1	60	0			
25	31-86-37M 000087	KALIBR TŘMENOVÝ	zápich "X" 32,3 -0,15	1	60	0			
26	48661 - 1679	OPTOSURF	optická kruhovitosť PV 0,005 u prům. 34,7 x6; 34,5 x6; 34,3 x6	1	120	FD		NM - KRUMOMĚR DLE KPO / PROTOKOL	
			optická kruhovitosť PV 0,005 u prům. 25p6 2x						
27	88-Nk711528		hlavový kroužek Ø21,8 -0,25	1	každý kus	0			
			celkové provedení operace	každý kus		SK			
<b>PŘED KAŽDÝM MĚŘENÍM NA MĚŘÍCÍ STANICI MAHR PROVĚST KALIBRACI</b>									



## KONTROLNÍ PLÁN OPERACE

**POUŽÍVEJ KALIBROVANÁ MĚŘIDLA**

**UDRŽUJ MĚŘIDLA V ČISTOTĚ**

**KONTROLUJ ČISTÉ KUSY**

četnost měření - počet kusů nebo náměrů po sobě jdoucích  
 interval - časový interval mezi jednotlivým měřením, (v minutách)  
 platí pro - platí pro vypsané díly  
 seřízení kontrolního přístroje - při zahájení práce a před každým měřením (pokud není interval uveden u nastavovacího kusu)

záznam - způsob záznamu do kontrolních karet  
 0 ...bez záznamu, A ...atributivní znak (pevná měřidla), V ...variabilní znak (číslíková měřidla), RK ...regulační karta, SPC ...karta SPC, SK ...sledovací karta dílu, FD ...elektronický sběr dat, bez statis. vyhodnocení disketa, SPC-E ...elektronický sběr dat, se statis. vyhodnocením  
 Na pracovišti uchovávat 1. kus dle směrnice ID.VK.15.004

Číslo dílu : OCF 311 205 L,M,R			Číslo operace : 130		Středisko : 2132			
Č. ROZ.	VÝROBCE	DRUH	ROZMĚR	ČET. MĚŘ.	INTERVAL	ZÁZNAM	PLATÍ PROC	POZNÁMKA
1	1108-12	MAHR	Ø 27 h6 (+0,00 -0,013) (5 X, měřit na všech průměrech 27 h6)	1	120	SPC-E		NM-Tř. kalibr
2			Ø25 p6 (+0,022 +0,035) (2X)					NM-MIKROMETR
3			Ø 29,29 -0,02 (2X)					NM-MIKROMETR
4			Ø 29,40 -0,02					
5			míra 25 +0,04					
6			míra 41,05 +0,05					
7			míra 66,1 +0,05					
8			míra 94,75 +0,04					
9			míra 110,8 +0,05					
10			míra 137,85 +0,05					
11			míra 166,45 +0,04					
12			míra 184,5 +0,05					
13			míra 220,88 +0,05					
14			rad. házení 0,010 na prům. 27 h6 5x					
15			axiál. Házení 0,02; obě čela na kótě 184,5 +0,5 , pravé čelo věnce					
16	DRSNOMĚR	drsnost: na prům 25 p6 - Rz6,3 (2x)	1	480	protokol		NM-NS 2131	
17		na prům. 27 h6 B;D- Rz3,5 axiál. ;	1	480	protokol		NM-NS 2131	
		na prům. 27 h6 - Rz2,5 rad. a Wt2 rad.	1	týden	protokol		TK	
	NORMÁL DRSNOSTI	-//-	1	den	protokol			
	KRUHOMĚR	kruhovitost: 0,005 u prům. 25 p6 (2X)	1	480	protokol		TK	
		0,003 u prům. 27 h6 (5X)	1	480	protokol		TK	
		rovnoběžnost 0,005 u průměrů 25 p6	1	480	protokol		TK	
		0,003 u průměrů 27h6	1	480	protokol		TK	
		přímost 0,003 na průměrech 27 h6 (5x)	1	480	protokol		TK	
		rad. házení 0,010 na prům. 27 h6 (5x)	1	480	protokol		TK	
		ax. házení 0,02 čel Y, V, W	1	480	protokol		TK	
18	OPTICLINE	prům. zápichů W;S;T;U;R1;V;R	1	480	protokol		NM-Tř. kalibr	
19	1108-12	MAHR	míra 18,52 +0,04	1	120	FD		NM- opticline / 480





## KONTROLNÍ PLÁN OPERACE

**POUŽÍVEJ KALIBROVANÁ MĚŘIDLA**

**UDRŽUJ MĚŘIDLA V ČISTOTĚ**

**KONTROLUJ ČISTÉ KUSY**

*četnost měření* - počet kusů nebo náměrů po sobě jdoucích  
*interval* - časový interval mezi jednotlivým měřením, (v minutách)  
 platí pro - platí pro vypsané díly  
 seřízení kontrolního přístroje - při zahájení práce a před každým měřením (pokud není interval uveden u nastavovacího kusu)

*záznam* - způsob záznamu do kontrolních karet  
 0 ...bez záznamu, A ...atributivní znak (pevná měřidla), V ...variabilní znak (číslicová měřidla), RK ...regulační karta, SPC ...karta SPC, SK ...sledovací karta dílu, FD ...elektronický sběr dat, bez statis. vyhodnocení disketa, SPC-E ...elektronický sběr dat, se statis. vyhodnocením  
**Na pracovišti uchovávat 1. kus dle směrnice ID.VK.15.004**

Číslo dílu : OCF 311 205 L,M,R				Číslo operace : 130		Středisko : 2132		
Č. ROZ.	VÝROBCE	DRUH	ROZMĚR	ČET. MĚŘ.	INTERVAL	ZÁZNAM	PLATÍ PRO	POZNÁMKA
		PROFILOMĚR	tvary zápchů W;S;T;U;R1;V;R; tvar zápchu 4	1	týden a po výměně nástroje	protokol		TK
20	31-86-37M 000089	KALIBR TŘMENOVÝ	zápich R 23,1 -0,1	1	60	0		
21	31-86-37M 000092	KALIBR TŘMENOVÝ	zápich V 27 -0,2	1	60	0		
22	č.1	BRINELOVA LUPA	kontrola možného vzniku otřepu v partii zápchů U a 4	1	480	0		Techn. Pomůcka
23	31-83-37M 000028	KAL. KROUŽEK	drážkování I.	1	240	0		
24		OPTICLINE	šíře zápchů "U" a "4" 3,53+0,03	1	480	protokol		
25	48661 - 1679	OPTOSURF	optická kruhovitost PV 0,005 u prům. 25 p6 (2X) optická kruhovitost PV 0,005 u prům. 27 h6 (5X)	1	120	FD		NM - KRUHOMĚR DLE KPO / PROTOKOL
		VIZUELNĚ	celkové provedení operace	každý kus				
<b>PŘED KAŽDÝM MĚŘENÍM NA MĚŘÍCÍ STANICI MAHR, PROVĚST KALIBRACI</b>								