



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

BROUŠENÍ LOŽISKOVÝCH KROUŽKŮ

GRINDING OF BEARING RINGS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Hlídek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Karel Osička, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Bc. Petr Hlídaek**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Karel Osička, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

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:

Broušení ložiskových kroužků

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Řešení technologie broušení oběžných drah ložiskových kroužků s preferencí použití CBN brousicích materiálů.

Cíle diplomové práce:

- Možnosti technologie broušení v současných podmínkách.
- Rozbor stávajícího stavu technologie broušení oběžných drah ložiskových kroužků.
- Výběr typů ložisek vhodných pro racionalizaci stávající technologie.
- Řešení technologie broušení pro vybraná ložiska s preferencí použití CBN brousicích materiálů.
- Experimentální odzkoušení navržené technologie.
- Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ, s.r.o. 1. vyd. Praha: Scientia, 1997. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-9722 99-4-6.

KOCMAN, K. a J. PROKOP. Technologie obrábění. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.

FOREJT, M. a M. PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje. 2. dotisk, 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2008. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.

MASLOV, J. N. Teorie broušení kovů. SNTL, Praha. 1979.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19.

V Brně, dne 26. 10. 2018



prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce analyzuje přechod ze současného brusiva na brusivo CBN ve firmě Koyo Bearings Česká republika s.r.o. Teoretická část obsahuje stručný popis teorie broušení. V praktické části je proveden a vyhodnocen experiment při broušení oběžných drah ložiskových kroužků.

Klíčová slova

Broušení, CBN brusivo, brusky, Koyo Bearing Česká republika s.r.o.

ABSTRACT

This thesis analyzes the transition from current abrasive to CBN abrasive in Koyo Bearings, Czech Republic s.r.o. There is a theoretical part which contains a brief description of the grinding theory. The experiment for grinding the raceways of bearing rings is performed and evaluated in the practical part.

Keywords

Grinding, CBN abrasive, grinders, Koyo Bearing Czech Republic Ltd.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Hlídek, Petr. *Broušení ložiskových kroužků*. Brno 2019. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 72 s. 0 příloh. Ing. Karel Osička, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem Diplomovou práci na téma **Broušení ložiskových kroužků** vypracoval/la samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Titul Jméno Příjmení

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Karlu Osičkovi, Ph.D., Ing. Markovi Janků a zaměstnancům společnosti Koyo Bearings Česká republika s.r.o. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

ABSTRAKT	3
PROHLÁŠENÍ	4
PODĚKOVÁNÍ.....	5
OBSAH.....	6
ÚVOD.....	8
1 Broušící proces	9
1.1 Kinematika procesu	9
1.2 Kinematické veličiny broušícího procesu.....	10
1.3 Řezné síly.....	12
2 Obrábění ložisek	13
2.1 Fyzikální význam a konstrukce ložisek	13
2.2 Výroba ložiskových kroužků	14
2.2.1 Broušení ložisek	14
3 Koyo Bearings Česká republika s.r.o.	16
3.1 Informace a společnosti Koyo Bearings Česká republika s.r.o.....	17
3.2 Historie.....	17
3.3 Ocenění a certifikáty	18
3.4 Výrobní hala KBCZ.....	19
4 Výroba v Koyo Bearings Česká republika s.r.o.	19
4.1 Hlavní druhy valivých ložisek	19
4.2 Základní technologický postup výroby kroužků.....	21
4.3 Základní broušené plochy	22
4.4 Broušení čel	22
4.5 Broušení vnějších povrchů.....	23
4.6 Broušení vnitřních otvorů	24
4.7 Broušení v linkách	25
4.8 Proces broušení, základní pojmy	25
4.9 Struktura broušícího zrna.....	26
5 Výběr typů ložisek vhodných pro racionalizaci stávající technologie	30
5.1 Materiál ložiskových kroužků.....	30
5.2 První ložiskový kroužek RA11	33
5.2.1 Parametry kroužku RA11	34
5.2.2 Stručný výrobní postup ložiskového kroužku:	34
5.2.3 Broušící stroj ALS1	34
5.2.4 Seřizovací plány	36
5.2.5 Náměry z pohledu kvality.....	39

5.2.5.1	Důležité parametry pro kvalitu ložiskového kroužku	40
5.3	Druhý ložiskový kroužek NU11	46
5.3.1	Parametry kroužku NU 11:.....	47
5.3.2	Stručný výrobní postup ložiskového kroužku:	47
5.3.3	Broušící stroj ARRO	47
5.3.4	Seřizovací plány	49
5.3.5	Náměry z pohledu kvality.....	52
5.3.5.1	Náměry z jednotlivých měřících stanic	53
5.4	Použité brusivo v experimentu.....	57
5.4.1	CBN brusiva	57
5.4.2	Současné brusivo	60
6	Technicko-ekonomické zhodnocení	61
6.1	Použité brusné kotouče	61
6.1.1	Vyhodnocení podle ceny	61
6.1.1.1	Ložiskový kroužek RA 11.....	61
6.1.1.2	Ložiskový kroužek AR11.....	62
6.1.2	Vyhodnocení podle doby broušení	63
6.1.2.1	Ložiskový kroužek RA11.....	63
6.1.2.2	Ložiskový kroužek AR11.....	64
6.1.3	Vyhodnocení dle kvality.....	66
7	Závěr.....	67
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	68
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	69
	SEZNAM TABULEK.....	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71

ÚVOD

Vzhledem k vyšším nárokům na efektivitu a produktivitu každé společnosti, musí každá firma využívat na maximum své kapacity, aby byla konkurenceschopná a dosahovala co nejlepších výsledků. Jinak tomu není ani ve společnosti Koyo Bearings Česká republika s.r.o., které je věnována praktická část této práce a která se mimo jiné zabývá výrobou ložiskových kroužků. Stěžejním procesem výroby je broušení výrobků. Broušení je řazeno mezi abrazivní metody obrábění. Nejvíce se využívá při obrábění strojních součástí, kde je zapotřebí větší přesnost obrobené plochy. Broušením se dosahuje přibližně o řád lepší drsnosti povrchu, než je tomu u obrábění s definovanou geometrií břitu. Tento proces je zařazen mezi dokončovací operace. V současné době je proces broušení využíván k výrobě ložiskových kroužků, což je hlavním tématem této diplomové práce. Dále broušení využíváme u výroby turbín, automobilů, kalených materiálů atd.

Ložiska najdeme téměř v každém strojním zařízení. Slouží k vedení rotujících částí a uchycení ve strojích. Nejčastěji se dodávají do automobilového průmyslu, kde jsou využívány k uchycení hřídele v motoru a převodovce.

Diplomová práce se tedy zabývá problematikou broušení oběžných drah u ložiskových kroužků ve firmě Koyo Bearings Česká republika s.r.o. Obsah se skládá z části teoretické a praktické.

Teoretická část obsahuje stručné informace o technologii broušení od kinematiky procesu, kinematických veličin včetně vzorečků, a dále broušením pomocí brusiva CBN, které je stěžejní pro tuto diplomovou práci a broušení ložisek. Dále je zde představena firma Koyo Bearings Česká republika s.r.o. a produkty, jejichž výroba je popsána i v praktické části práce. Ve společnosti byla provedena analýza současného stavu a nové možnosti broušení ložiskových kroužků.

Pro praktickou část byly vybrány dva ložiskové kroužky, na kterých byl proveden experiment. Kroužky byly broušeny, jak stávajícím brusivem, tak za pomoci CBN brusiva. Experiment se prováděl při různých řezných podmínkách, aby se mohla vyhodnotit nejvhodnější varianta.

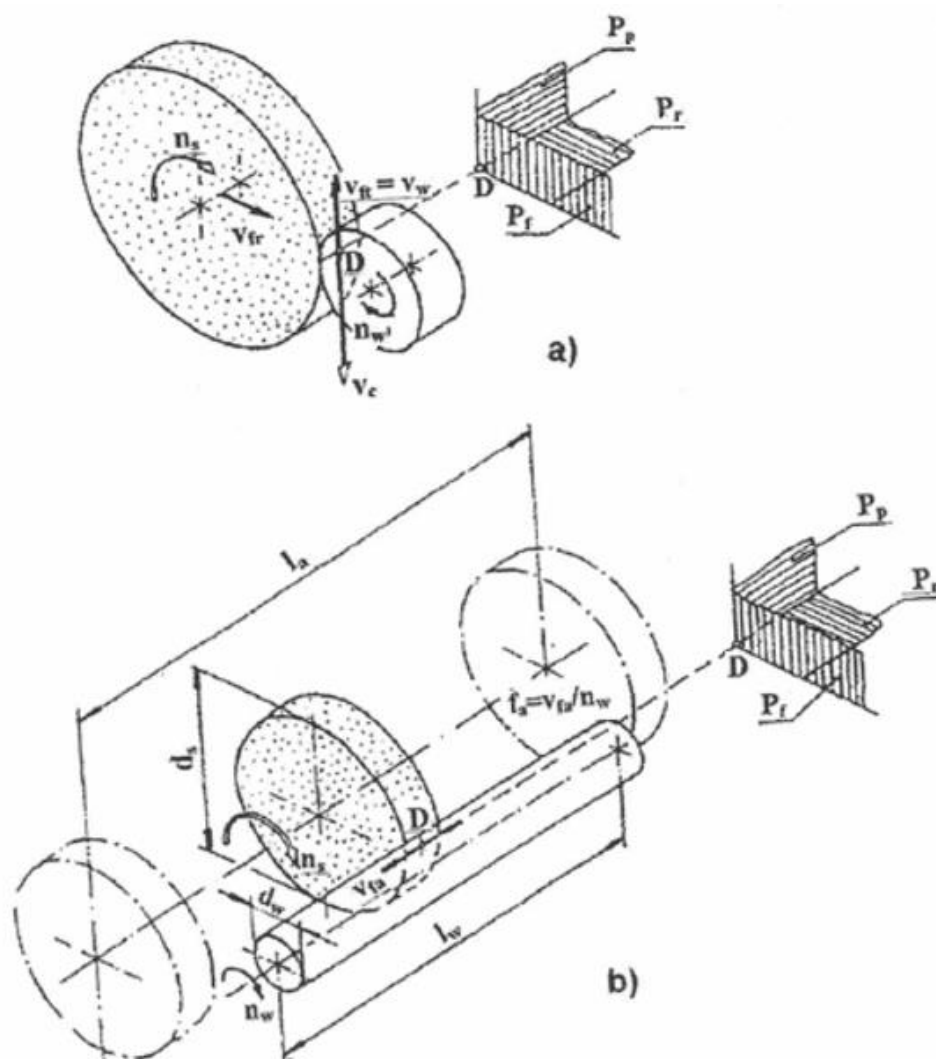
Cílem diplomové práce je najít nejvýhodnější řešení, které by vedlo k dosažení vyšší produktivity, současně maximalizaci výnosů společnosti v této oblasti výroby a efektivnímu využívání svých kapacit. Tato diplomová práce obsahuje návrhy pro zefektivnění broušících procesů ve firmě Koyo Bearings Česká republika s.r.o.

1 Brousicí proces

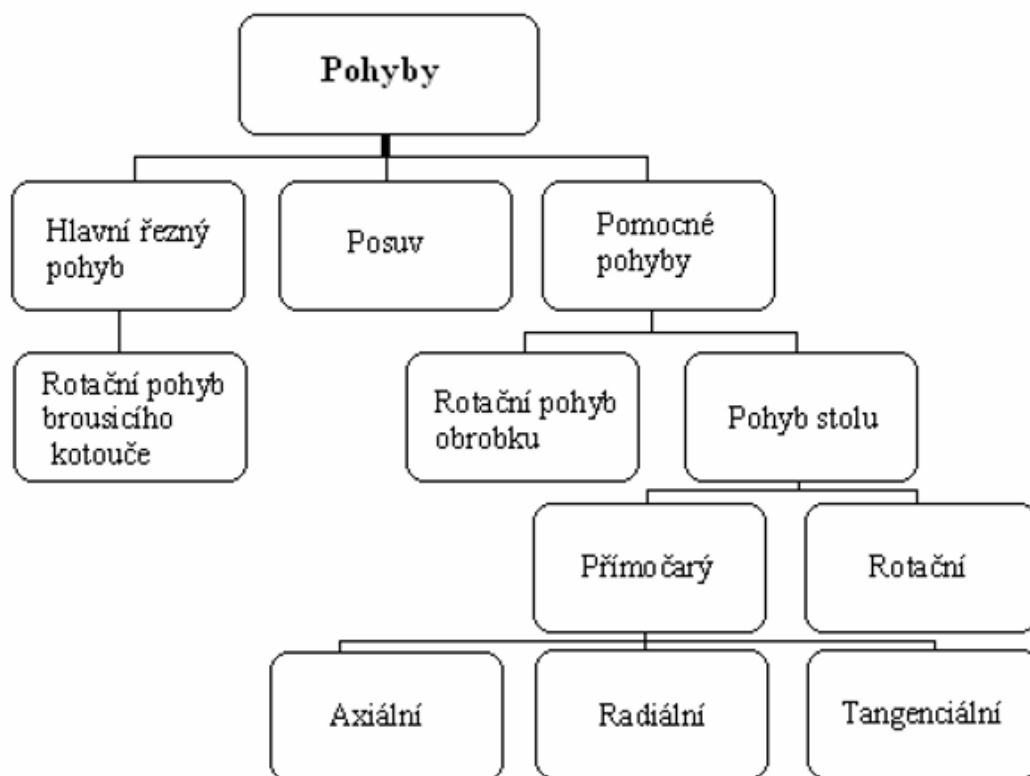
1.1 Kinematika procesu

Při broušení je materiál odebrán pomocí rotačního pohybu, který koná nástroj. Nástrojem se rozumí brousicí kotouč, brousicí tělísko nebo brousicí kámen. Nejpodobnější proces dle kinematiky je frézování. Rozdíl těchto dvou procesů je v různorodosti brousicích zrn. U broušení mají zpravidla zrna negativní úhel čela, nepravidelný geometrický tvar, nepravidelné zaoblení hrotu, vysokou tvrdost a odolnost proti teplotě. Rychlost procesu se pohybuje od $30\text{--}100\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. U broušení je velmi malý průřez odebrané třísky, který se pohybuje mezi $10^{-3}\text{--}10^{-5}\text{ mm}^2$. Pro každou metodu broušení jsou různě specifikovány pohyby a rychlosti [1].

Každá rychlost a pohyb brousicího procesu jsou měřeny ve stejném zvoleném bodě a čase na aktivní části brousicího kotouče. Níže jsou uvedeny způsoby pohybů, které jsou u procesu broušení využívány [1].



Obr. 1.1 a) – Obvodové vnější radiální broušení do kulata, b) – obvodové vnější axiální broušení do kulata [1].



Obr. 1.2 Schéma relativních pohybů mezi brousícím kotoučem a obrobkem [2].

1.2 Kinematické veličiny brousícího procesu

Výroba každého produktu vyžaduje přesný propočít všech potřebných parametrů, aby se co nejefektivněji využil materiál, lidská síla a minimalizovala se zmetkovitost. Z tohoto důvodu jsou zde přiblíženy veličiny, které jsou využity pro praktickou část práce.

Řezná rychlost

- je tangenciální rychlost brousícího kotouče v bodě zvoleném na ploše styku, měřená ve vztahu k držáku brousícího kotouče. Pohybuje se v rozmezí 30-35 m.s⁻¹ [1].

$$v_c = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_s}{60 \cdot 1000}$$

Obvodová rychlost obrobku

Okamžitá rychlost obvodové části obrobku ve zvoleném bodě ve vztahu ke stolu [1].

$$v_w = \frac{\pi \cdot d_w \cdot n_w}{1000}$$

Mezi posuvovou a řeznou rychlostí existuje poměr q . Je rozdílný pro broušení rovinné a pro broušení do kulata [1].

Broušení rovinné:

$$q = 60 \cdot \frac{v_c}{v_w}$$

Broušení do kulata:

$$q = 60 \cdot \frac{v_c}{v_{f_t}}$$

Přesah U při rovinném nebo při broušení do kulata

Poměr mezi šířkou aktivní části broušícího kotouče a axiálním posuvem stolu [1].

$$U = \frac{b_D}{f_a}$$

Geometrická délka styku

Stykový oblouk broušícího kotouče a obrobku [1].

$$l_g = \sqrt{2 \cdot f_r \cdot r_{eq}}$$

Kinematická délka styku

Délka kinematického broušícího oblouku [1].

$$l_k = l_g \left(1 + \frac{1}{|q|} \right)$$

Ekvivalentní poloměr broušícího kotouče

Fiktivní poloměr broušícího kotouče v záběru s obrobkem, který má stejnou délku geometrického styku jako broušící kotouč s poloměrem r_s v záběru s obrobkem o poloměru r_w při obvodovém broušení [1].

$$r_{eq} = \frac{r_w \cdot r_s}{r_w \pm r_s}$$

Ekvivalentní tloušťka broušení

Je vztažena na jednotku aktivní šířky broušícího kotouče [1].

$$h_{eq} = \frac{Q_w}{b_D \times v_c}$$

Průřez odebírané vrstvy

Závisí na způsobu broušení.

Obvodové axiální broušení do kulata [1].

$$A = a_e \cdot h_{eq}$$

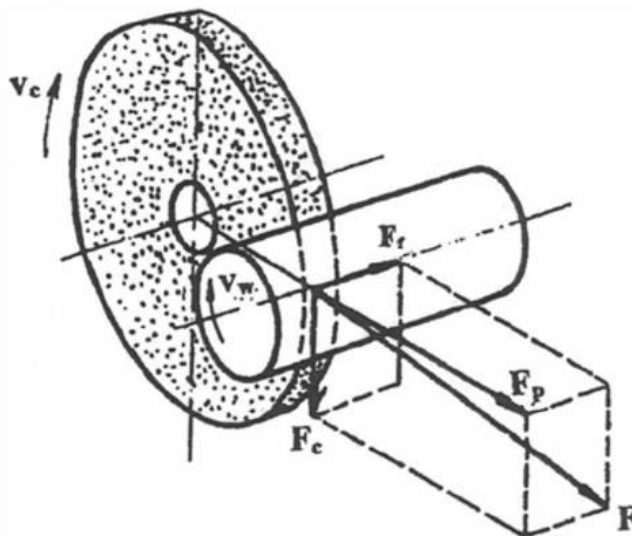
Rovinné obvodové tangenciální broušení s přímočarým pohybem stolu [1].

$$A = b_D \cdot h_{eq}$$

1.3 Řezné síly

Při obrábění broušením můžeme pomocí kinematiky rozlišovat hlavní řezný pohyb a vedlejší posuvný pohyb. Obrobek vždy vykonává přímočarý nebo rotační vedlejší pohyb a nástroj pracovní rotační pohyb, definovaný jako hlavní, tzv. řezný pohyb. Výsledný pohyb je potom dán většinou výslednicí pohybu obrobku a broušícího kotouče.

Určující pro jednotlivé způsoby broušení jsou jeho pohyby a rychlosti při broušení. – např. pro obvodové vnější broušení „dokulata“ (broušení rotačních, zejména válcových ploch) radiálním způsobem [3].



Obr. 1.3 Rozložení řezných sil při obvodovém axiálním broušení do kulata [1].

U broušení působí mezi obrobkem a broušícím kotoučem celková řezná síla F , která se rozkládá do třech kolmých směrů.

- F_p -pasivní síla kolmá broušené ploše
- F_c -řezná síla ležící ve směru řezné rychlosti
- F_f -posuvová síla působící ve směru podélného posuvu

$$F_p > F_c > F_f \quad \text{a} \quad F_p / F_c = 1,2 \text{ až } 3$$

Pro velikost sil je určující použitý stroj, zvolené řezné podmínky a způsob broušení [1].

Řezná síla

Pro obvodové axiální broušení rotačních ploch [1].

$$F_c = 25(v_w \cdot f_a)^{0,6} \cdot a_e^{0,5}$$

Výpočet z rovnice [1].

$$F_c = k_c \cdot A$$

Hodnoty měrné řezné síly: pro ocel $k_c = 10\,000 - 35\,000$ MPa
pro litinu $k_c = 4\,000 - 12\,000$ MPa

2 Obrábění ložisek

Ložisko je součást technického zařízení, které umožňuje snížení tření při vzájemném otáčivém nebo posuvném pohybu strojních dílů. Jeho historie se vyvíjí již od vynálezu kola (kluzné ložisko). Použití valivého ložiska v mlýnech významně zvýšilo výkonnost mletí. Existuje mnoho druhů ložisek a mají v dnešním světě nepostradatelnou úlohu. [4].

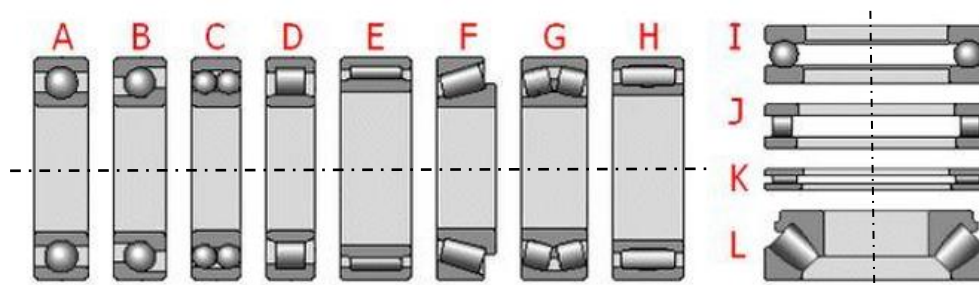
2.1 Fyzikální význam a konstrukce ložisek

Ve všech sférách běžného života mají ložiska neotřesitelný význam. Princip ložisek je v přenosu energie (pohybové) při minimálních ztrátách vlivem třením. Ložiskový vývoj započal už od období vynálezu kola a je stále zdokonalován. Napomáhá jí tomu zlepšování fyzikálních vlastností, materiálů, maziv a konstrukční provedení daného ložiska. Největší skupinu tvoří ložiska valivá [5, 6].

Díky valivým ložiskům je umožněn rotační pohyb dané součástky ve stroji, také dovolují přenášet působící síly. Nejčastěji jsou složeny ze dvou kroužků (vnější a vnitřní), valivých těles a klece. Významnou součástí ložiska tvoří různé těsnící prvky a maziva. Tyto prvky nám zajišťují správnou funkci ložiska. Dále je důležité navrhnout správný typ a rozměry ložiska. Pro správnou funkčnost je důležité zajistit mazání ložiska, protikorozní ochranu, odvod tepla a zabránit vnikání nečistot [5, 6].

Ložiska jsou rozdělena podle směru přenášené síly do dvou hlavních skupin: ložiska axiální a radiální. Rozdělení však není úplně přesné, jelikož axiální ložisko může zachytávat radiální síly, a naopak radiální ložisko může zachytávat axiální síly [5, 6].

Valivá ložiska lze dále rozdělit podle tvaru valivých těles na ložiska: válečková, soudečková, kuličková, jehlová a kuželíková. Všechna ložiska se označují jako ložiska s přímkovým stykem až na ložiska kulička, která se označují jako ložiska s bodovým stykem [5, 6].



Obr. 2.1 Typy valivých ložisek. a) kuličkové, b) kuličkové s kosoúhlým stykem, c) naklápěcí kuličkové, d) válečkové, e) jehlové, f) kuželíkové, g) soudečkové, h) toroidní, i) axiální kuličkové, j) axiální válečkové, k) axiální jehlové, l) axiální soudečkové [7].

2.2 Výroba ložiskových kroužků

Využívané procesy při výrobě ložisek jsou od začátku řezání (musíme nařezat kruhové tyče). Dále máme soustružení nebo frézování. Hlavní fází je však broušení. Broušení je řazeno mezi dokončovací operace a je stěžní operace pro tuhle diplomovou práci. Bude tedy více popsáno [7].

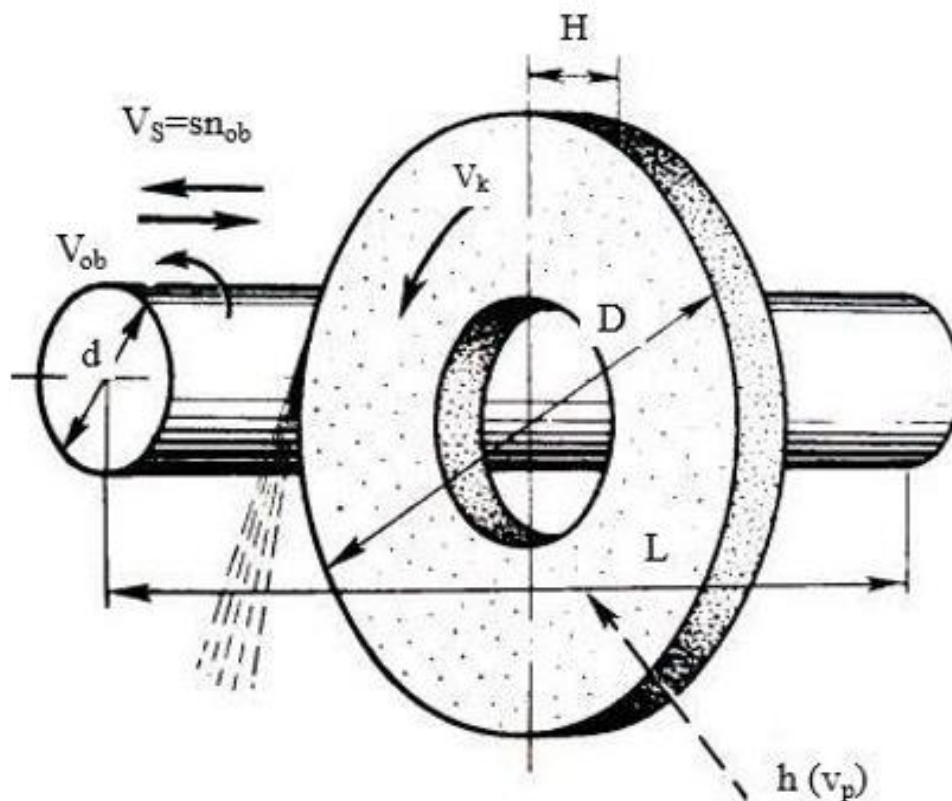
2.2.1 Broušení ložisek

Broušení se řadí do abrazivních metod. Je charakterizováno jako obrábění vícebřitým nástrojem, který je vytvořen ze zrn brusiva. Brusivo je spojeno pojivem. Z historického hlediska se broušení řadí mezi jednu z nejstarších metod obrábění. V současné době se řadí mezi hlavní metody dokončovacího obrábění. Ve výrobních závodech tvoří brusky až 60 % všech obráběcích strojů [8].

Hlavní znaky jsou:

- vysoká produktivita určená velikostí plochy obrobku, opracované za časovou jednotku; produktivita se ovšem nevyznačuje pouze zvětšováním rezné rychlosti a obráběním velkých ploch, ale i zkracováním doby nezbytné k upnutí a sejmutí obrobku,
- velká geometrická přesnost tvaru obrobených ploch (proto se jedná o jednu z hlavních dokončovacích operací),
- vysoká přesnost obrobených rozměrů v mezích od 2 do 3 μm i méně,
- vysoká kvalita povrchu – hodnota průměrné aritmetické úchyly profilu broušené plochy (R_a) je řádově v desetinách μm ,
- vysoká kvalita povrchové vrstvy obrobku s minimálním stavem napjatosti jeho materiálu,
- možnost obrábění velmi tvrdých materiálů, protože zrna brusiva nástroje jsou velmi tvrdá a tepelně odolná,
- velké měrné rezné síly (odpory), řádově až několik desítek tisíc MPa (souvisí s malým průřezem třísek),
- velké množství vzniklého tepla a z toho vyplývající nutnost vydatného chlazení obrobku,
- nepravidelný úběr třísky jednotlivými zrny brusiva v důsledku různé geometrické formy zrn a nepravidelnosti jejich rozmístění v nástroji [8, 9].

Vše bude znázorněno na broušení válcových ploch do kulata s posuvem podél osy obrobku. Pro broušení ložiskových kroužků se používá broušení do kulata jak u vnitřního, tak u vnějšího povrchu [9].



Obr. 2.2 Schéma broušení vnějších válcových ploch s posuvem podél osy obrobku [9].

Tříška tvořená při broušení je podobná jako při jiných možnostech obrábění. Proto uvedeme specifické vlastnosti pro brousící proces.

- nepravidelné rozmístění velkého počtu malých zrn brusiva na pracovní ploše kotouče,
- brousící kotouč nemá souvislý břit,
- různá výška zrn brusiva u kotouče,
- určitá závislost mezi tloušťkou a šířkou vrstvy materiálu odebírané jednotlivými zrny brusiva,
- zrna brusiva mají nepravidelný tvar a zaoblené vrcholy, které obvykle mají záporný úhel čela,
- řezné elementární částice – zrna – mají velkou tvrdost, tepelnou odolnost, jsou křehká, ostrá a štěpí se v průběhu broušení [8, 9].

3 Koyo Bearings Česká republika s.r.o.

Koyo Bearings Česká republika s.r.o. je výrobní závod zabývající se výrobou ložisek se sídlem v Olomouci. Firma je součástí korporace JTEKT, která vznikla v roce 2005. Koyo Seiko CO., Ltd uzavřelo smlouvu s Toyoda Machine Works, Ltd. Firmy JTEKT sídlí v Japonsku ve městech Nagoya a Osaka. Největší vlastníkem akcii je Toyota Motor Corporation. [10].



Obr. 3.1 Logo korporace JTEKT [11].

Korporace JTEKT vlastní 81 výrobních závodů, zaměstnává okolo 43 500 zaměstnanců a má ročním obrat 15 miliard dolarů. Firmy se převážně zaměřují na automobilový průmysl, kde jsou uznávané díky vysokým výkonům a kvalitě výrobků. Firmy jsou rozděleny do čtyř odvětví: ložiska, nápravy, řízení, stroje a nářadí.

JTEKT má v České republice mnohé zastoupení: Koyo Bearings Česká republika s.r.o. (výroba ložisek)
Automotive Czech Plzeň s.r.o. (výroba řídicích systémů)
Automotive Czech Pardubice (výroba odlitků převodovek) [11].

3.1 Informace a společnosti Koyo Bearings Česká republika s.r.o.

Koyo Bearings Česká republika s.r.o. je strojírenská firma, která sídlí v Olomouci. Zaměřuje se na výrobu válečkových a jehličkových ložisek a kladek, zejména pro automobilový a strojírenský průmysl. Firma zaměstnává 530 zaměstnanců [10].



Obr. 3.2 Výrobní závod Koyo Bearings Česká republika s.r.o. [10].

3.2 Historie

Závod KBCZ byl postaven na okraji města Olomouce během 6 měsíců v roce 2001. Závod postupně vlastnily 3 korporace. První vlastník byl Ingersoll Rand Company, v roce 2003 byl koupen korporací The Timken Company a v roce 2010 společnost získala nynější korporace JTEKT [10].

3.3 Ocenění a certifikáty

Tak jako v každé společnosti je i zde kladen důraz na využívání co nejinovativnějších metod v oblasti výroby, produktivity, bezpečnosti a hlavně kvality výrobků. Díky strategii společnosti je KBCZ oceňována mimo jiné jako nejlepší zaměstnavatel olomouckého kraje či progresivní zaměstnavatel regionu.

Dále je držitelem několika certifikátů: ISO 9000
QS 9001
VDA 6.1
ISO/TS 16949
ISO 14001
ISO 18001

Firma dále obdržela množství certifikátů od zákazníku, což jen dokazuje kvalitu poskytovaných služeb a produktů [10].



Obr. 3.3 Ocenění a certifikáty KBCZ [12].

3.4 Výrobní hala KBCZ

Firma Koyo Bearing, Česká republika s.r.o. se rozkládá na ploše 35 ha s jedinou halou, ve které je prováděna veškerá výrobní, logistická i administrativní činnost. Na obrázku lze vidět halu, která se rozkládá na ploše 12 ha.



Obr. 3.4 Pohled na výrobní závod [12].

4 Výroba v Koyo Bearings Česká republika s.r.o.

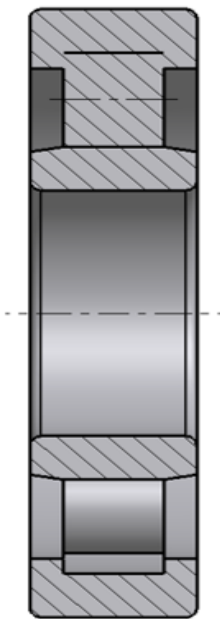
4.1 Hlavní druhy valivých ložisek

- Kuličková
- **Válečková**
- **Jehličková**
- Kuželíková
- Soudečková
- Kombinovaná

Zvýrazněná válečková a jehličková ložiska se vyrábí ve firmě KBCZ.



Obr. 4.1 Přehled ložisek.



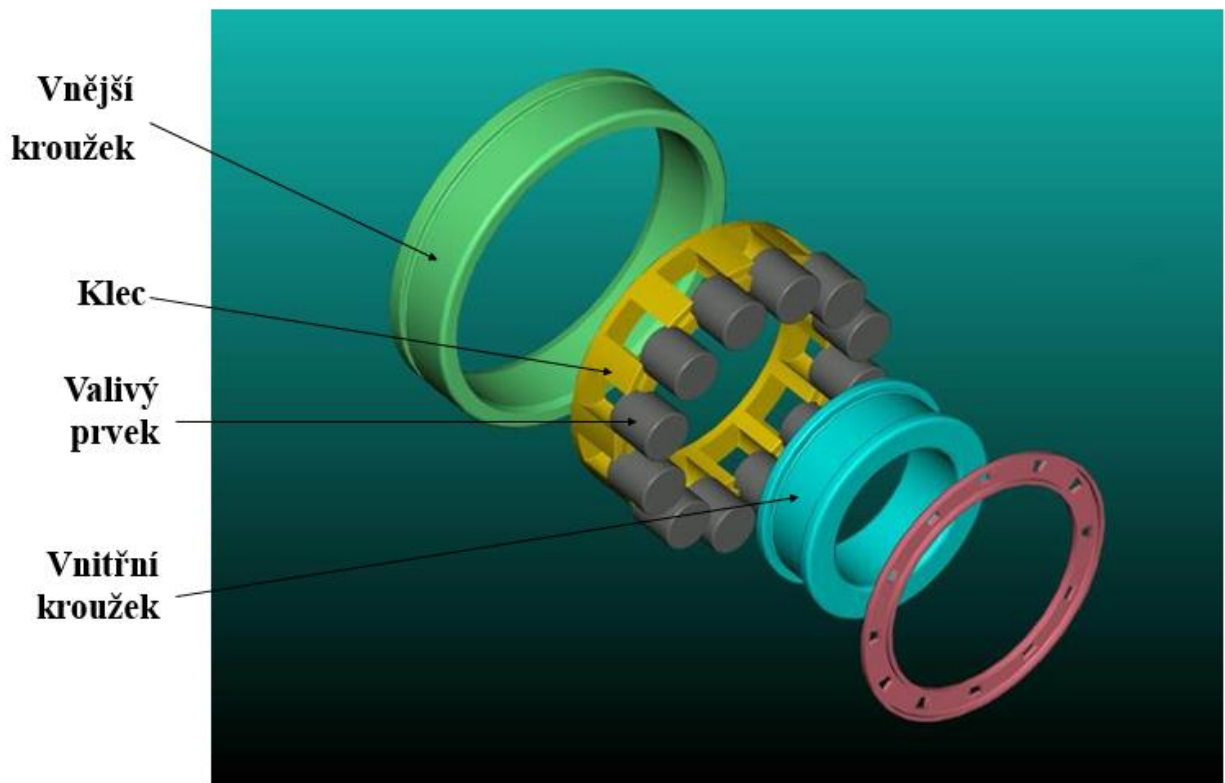
- Válečková ložiska mohou přenášet mírné axiální síly jehličková nikoliv.
- Jehličkové ložisko má mnohem větší štíhlost.



Obr. 4.2 Válečkové ložisko.

Obr. 4.3 Jehličkové ložisko.

Valivé ložisko se skládá z vnějšího kroužku, klece, valivého prvku a vnitřního kroužku.



Obr. 4.4 Válečkové ložisko rozklad.

Firma Koyo Bearings Česká republika s.r.o. vyrábí pouze kroužky nikoliv valivá tělesa.



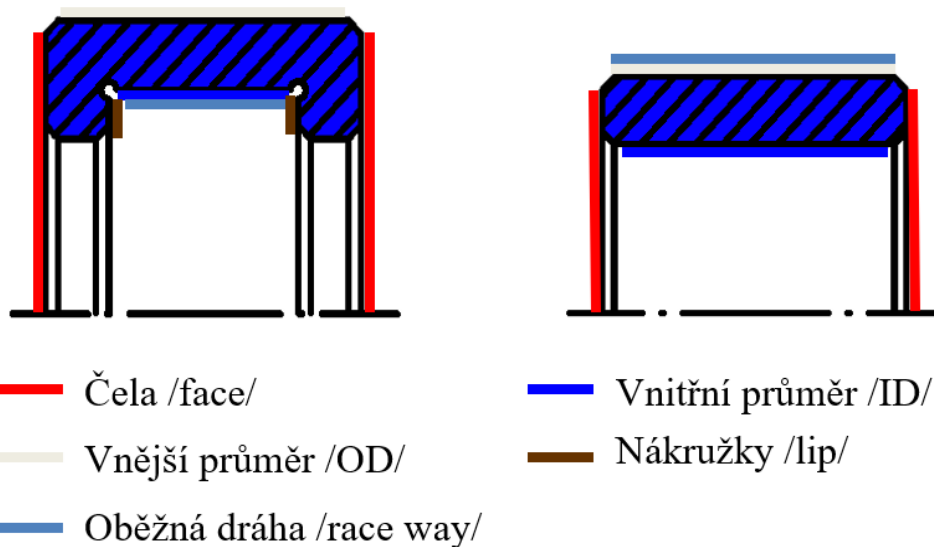
Obr. 4.5 Přehled výrobních komponentů.

4.2 Základní technologický postup výroby kroužků

Výroba kroužků probíhá v několika fázích. Prvním krokem je soustružení, během kterého se z oceli vytvoří hrubý obrobek, následně se kalením zvýší tvrdost kroužku a popouštěním se sníží vnitřní pnutí. Po těchto fázích přichází na řadu samotné broušení kroužků, kdy je kroužek vytvarován do finálních rozměrů.

- **Soustružení** Vytvoří hrubý tvar obrobku.
- **Kalení** Zvýšení tvrdosti kroužku.
- **Popouštění** Snížení vnitřního pnutí.
- **Broušení** Vytvoření finálních rozměrů.
- **Praní a konzervace** Zabezpečení čistoty a odolnosti proti korozi.

4.3 Základní broušené plochy

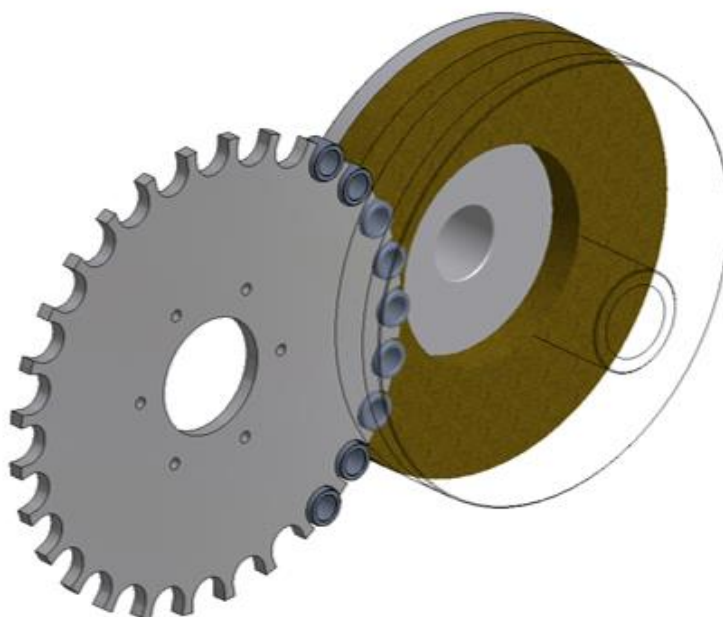


Obr. 4.6 Broušené plochy.

4.4 Broušení čel

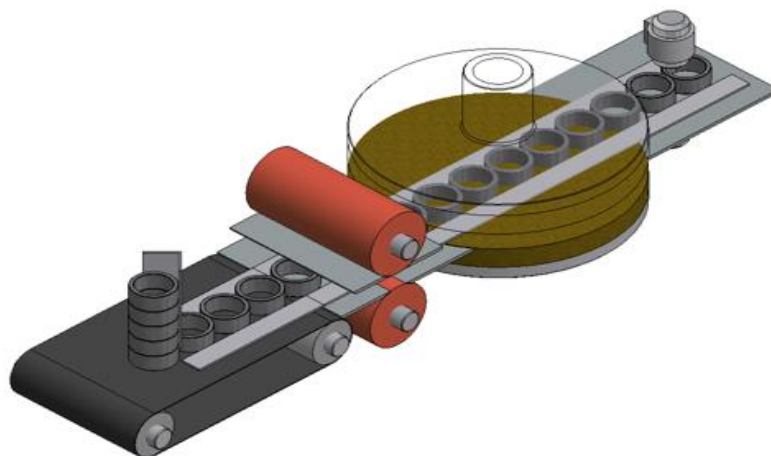
Technologie broušení čel ve firmě Koyo Bearings Česká republika s.r.o.

- horizontální osa vřetene,
- Discus DL 600,
- Gardner 125,
- broušení s podávacím kolem,
- pro kusy s větší šířkou než průměrem,
- x 1000ks/hod.



Obr. 4.7 Broušení čel horizontální osa vřetene.

- vertikální osa vřetene,
- Discus 600 /Dvojče/,
- Diskus 660 CNC,
- broušení s vodícími lištami,
- pro kusy s větší průměrem než šířkou,
- x 1000 ks/hod.

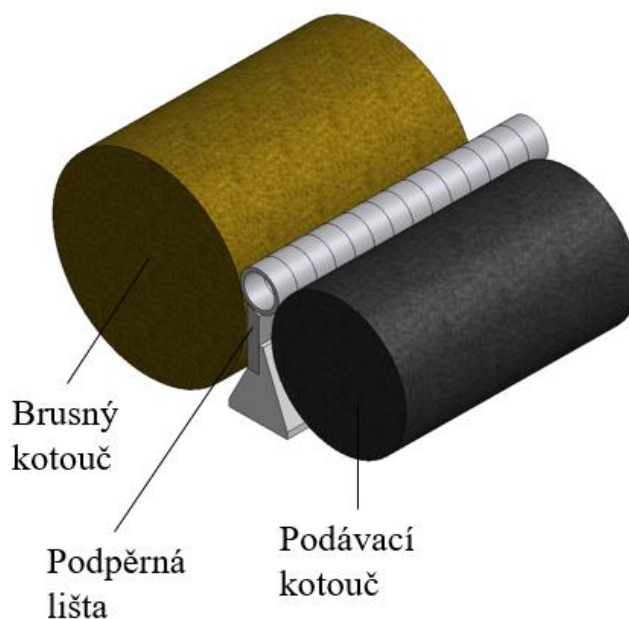


Obr. 4.8 Broušení čel vertikální osa vřetene.

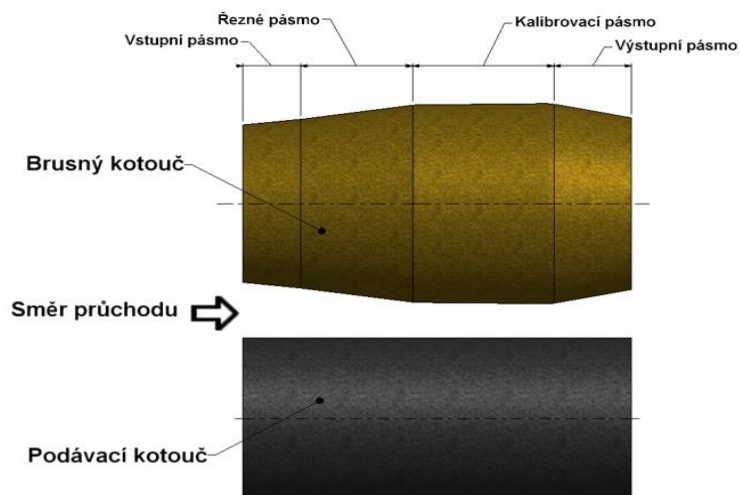
4.5 Broušení vnějších povrchů

Technologie broušení vnějších povrchů ve firmě Koyo Bearings Česká republika s.r.o.

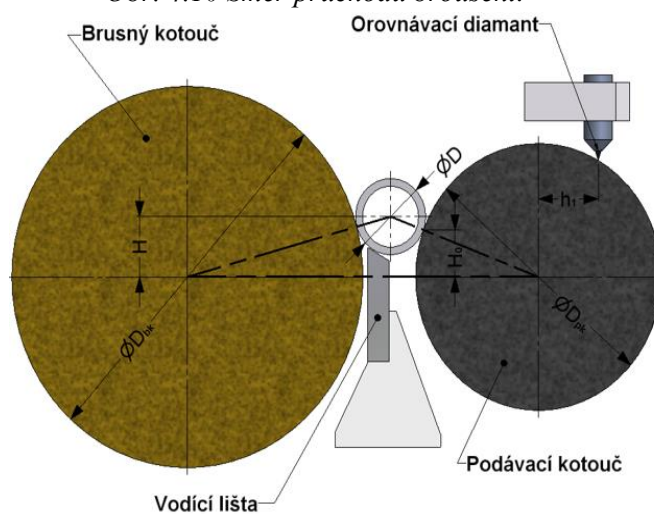
- průchozí bezhroté broušení,
- x 1000 ks/hod.



Obr. 4.9 Broušení vnějších průměrů.



Obr. 4.10 Směr průchodu broušení.

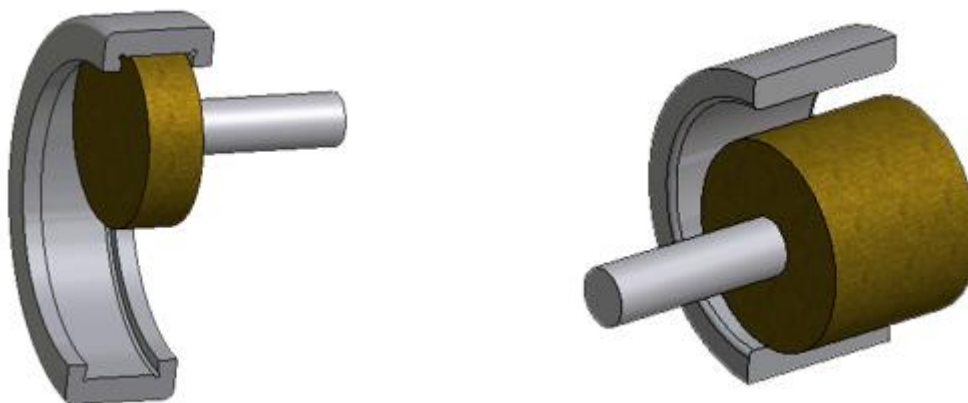


Obr. 4.11 Proces vnějšího broušení.

4.6 Broušení vnitřních otvorů

Technologie broušení vnitřních otvorů ve firmě Koyo Bearings Česká republika s.r.o.

- broušení otvoru na opěrkách,
- nejpracnější operace s největším počtem zmetků,
- kusy jsou upnuty čelně magnetickým upnutím.

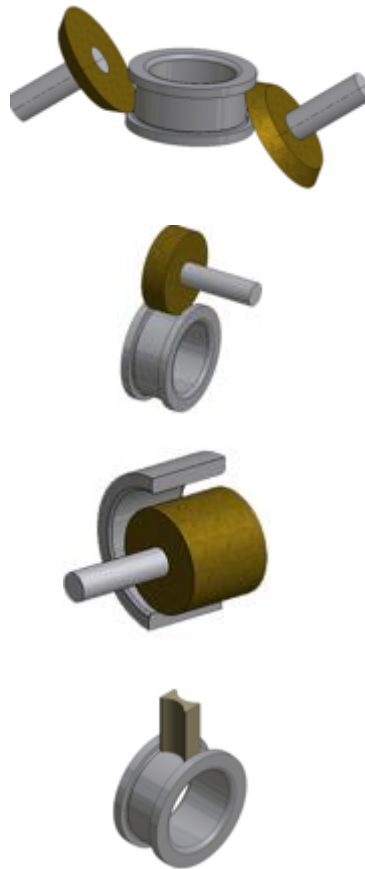


Obr. 4.12 Broušení vnitřního průměru.

4.7 Broušení v linkách

Technologie broušení ložiskových kroužků v linkách.

- broušení nákrůžků,
- broušení oběžné dráhy,
- broušení otvoru,
- honování oběžné dráhy.

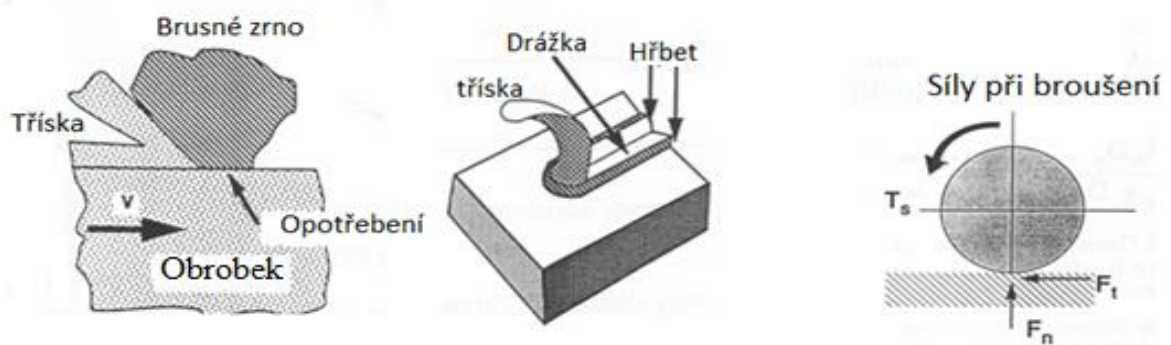


Obr. 4.13 Druhy broušení na linkách.

4.8 Proces broušení, základní pojmy

Základní pojmy v procesu broušení.

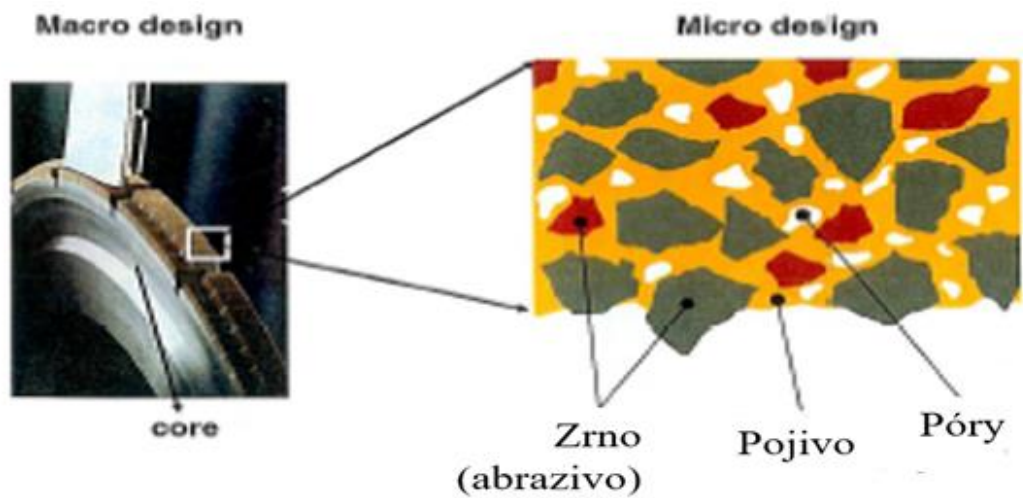
- vysoká plastická deformace,
- vysoké teploty,
- vysoké řezné rychlosti.



Obr. 4.14 Základní pojmy broušení [13].

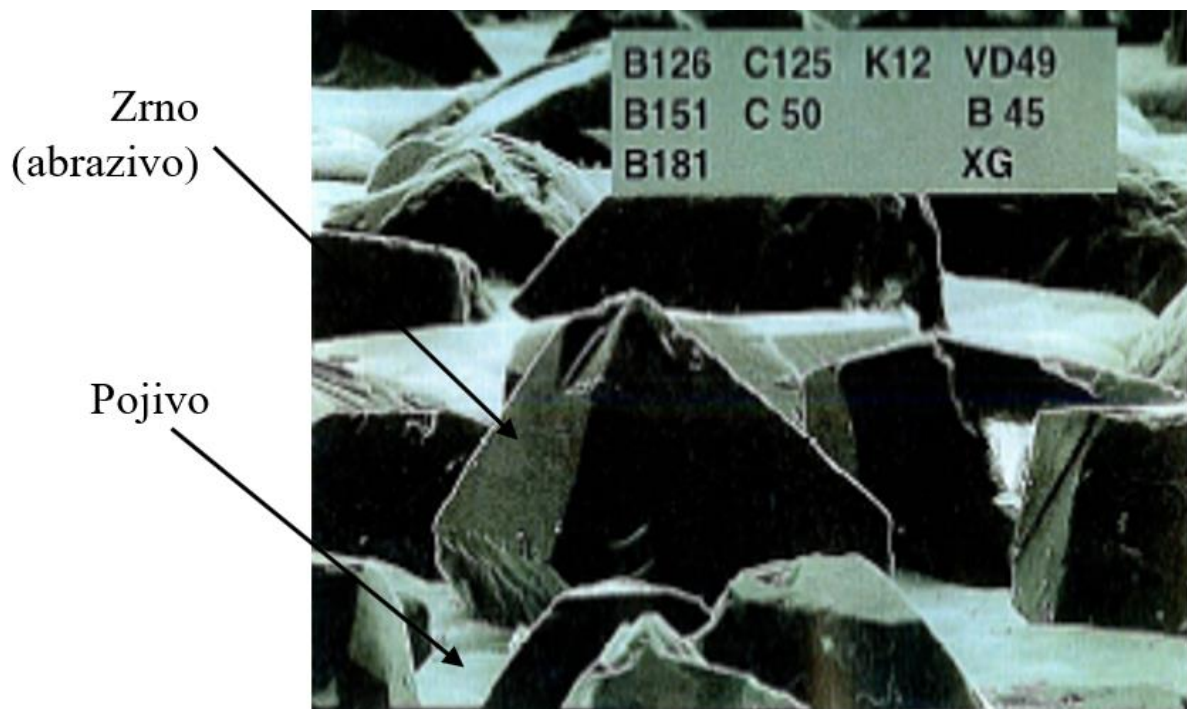
4.9 Struktura brousicího zrna

Na základě velikosti zrn, pojiv a pórů vzniká různorodá drsnost povrchu.



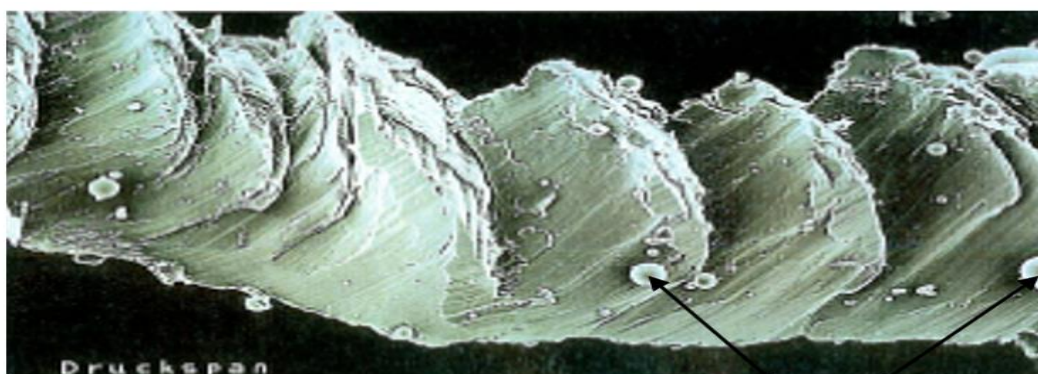
Obr. 4.15 Struktura brousicího zrna [13].

Makro fotografie povrchu brousicího kotouče



Obr. 4.16 Makro fotografie povrchu brousicího kotouče [13].

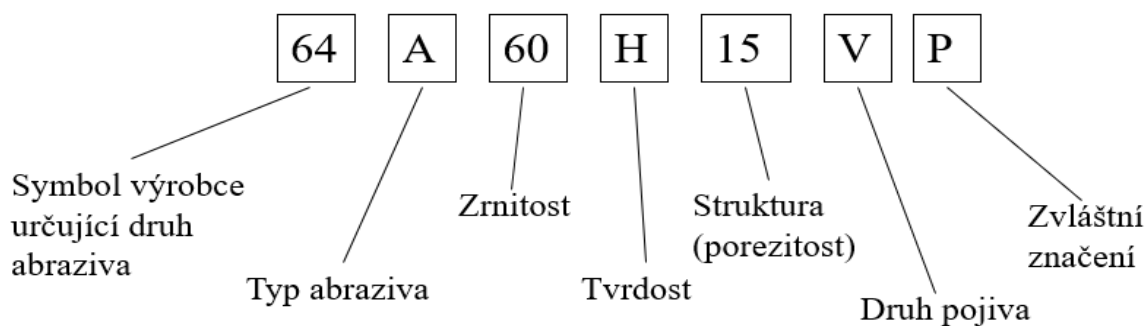
Makro fotografie třísky



Kuličky roztaveného kovu

Obr. 4.17 Makro fotografie třísky [13].

Standartní značení kotoučů



Obr. 4.18 Značení kotoučů.

Tab. 4.1 Nejčastěji používaná abraziva.

	Chem. Složení	Tepelná rezistence do °C	Hustota g/cm ³	Tvrдость podle Knoop	Index nákladů
Oxid hlinitý	Al ₂ O ₃	2000	3,95	17..20	1
Karbid křemíku	SiC	1400	3,20	19..26	2
Slinutý oxid hlinitý	Al ₂ O ₃	1050	3,95	20..23	8
Diamant	C	800	3,48	55..100	3 500
CBN	BN	1150	3,45	40..45	5000

Průzkum brusiv

Oxidy hliníku

Tavené oxidy hliníku:

Standartní
Tavené
Legované
Speciální



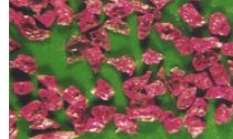
Slinuté oxidy hliníku:

SG
Slinuté oxidy
hliníku
a speciální
tvary

Fused aluminium oxid white



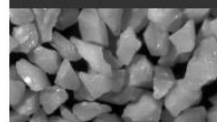
Alloyed aluminium oxid



Diamond



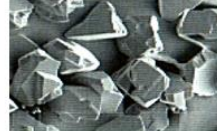
Sintered aluminium oxide SG



Sintered aluminium oxide TG



CBN



Karbidy křemíku

Diamant a CBN

Obr. 4.19 Druhy brusiv [13].

Pojivo stmeluje zrna do brousicího nástroje

Druhy pojiv: - kovové pojivo (lisování, odlévání, galvanování) – Pro diamant a CBN,
- keramické pojivo,
- pojivo z umělé pryskyřice.

Porezita brousicích kotoučů

Důvody porezity: - místo pro třísku

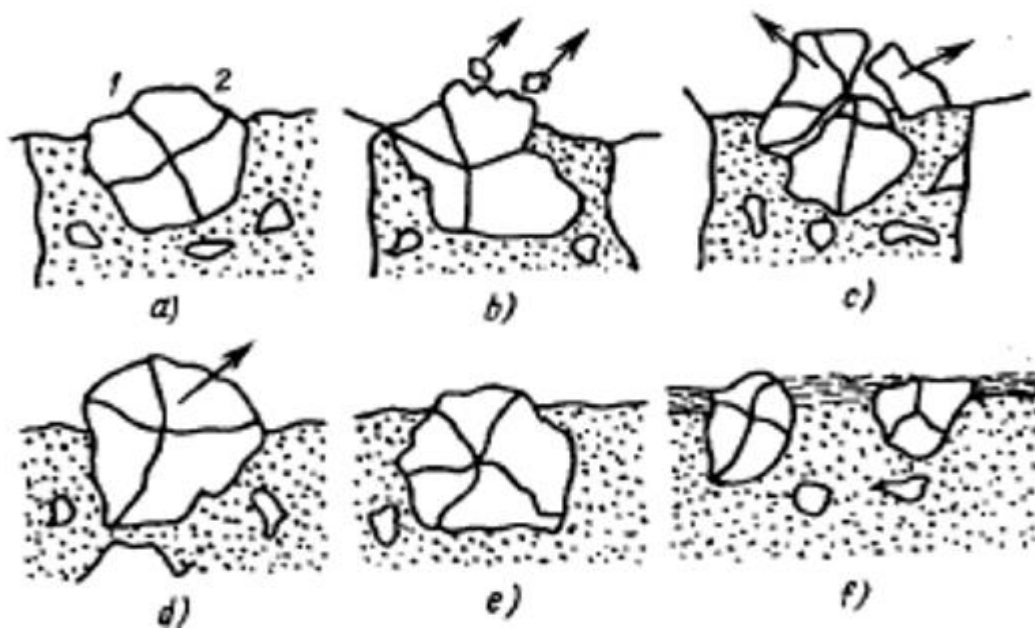


Obr. 4.20 Porezita brousicího kotouče [13].

Opotřebení kotouče

Na obrázku 4.21 lze vidět různé druhy opotřebení kotouče.

- a) Otěr řezných částí zrn se vznikem hladkých plošek.
- b) Mikroskopické štěpení zrn.
- c) Porušování celých zrn.
- d) Úplné vylamování zrn.
- e) Chemické působení.
- f) Zanešení pórů třískami.



Obr. 4.21 Opotřebení kotouče [13].

5 Výběr typů ložisek vhodných pro racionalizaci stávající technologie

Pro experiment byly vybrány dva typy ložiskových kroužků. U obou typů bude použito CBN brusivo na funkční dráhu a bude se jednat o otvor. První z ložiskových kroužků je určen pro vozy značky Jaguár, kde je aplikován na vyvažovací hřídel. Druhý z ložiskových kroužků se vyrábí pro Geely Emgrand a je součástí převodovky. Oba ložiskové kroužky patří mezi stěžejní produkty firmy. Každý z těchto kroužků se vyrábí pomocí jiného stroje a využívá kapacity společnosti rozdílným způsobem.



Obr. 5.1 Vybrané ložiskové kroužky.

5.1 Materiál ložiskových kroužků

Materiál používaný ve firmě Koyo Bearing Česká republika s.r.o. je pro většinu ložiskových kroužků stejný a jedná se o ocel 1.3505 100Cr6 (14 109) tato ocel je určena pro valivá ložiska [16].

Dodavatel: Rohrwerk-maxhuette



Obr. 5.2 Logo firmy Rohrwerk-maxhuette [14].

Společnost na výrobu trubek byla založena roku 1952. Firma Rohrwerk-maxhuette se nachází v Německu ve městě Sulzbach-Rosenberg. Sortiment firma nabízí pro automobilový, strojírenský a energetický průmysl. Ve výrobním závodě je zaměstnáno 450 zaměstnanců a vyrobí více než 100 000 tun ocelových trubek [14].

Tab. 5.1 Materiálový list ocel 14 109.

OCEL 14 109		CHROMOVÁ OCEL PRO VALVÁ LOŽISKA					ČSN 41 4109 STN 41 4109		
Chemické složení [hm. %]									
C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Ni+Cu	P	S	
0,90-1,10	0,30-0,50	0,15-0,35	1,30-1,65	max 0,30	max 0,25	max 0,50	max 0,027	max 0,030	
Polotovary									
[1] předvalky				[4] bezešvé trubky tvářené za tepla					
[2] tyče válcované za tepla				[5] tyče tažené za studena					
[3] výkovky				[6] dráty tažené za studena					
Mechanické vlastnosti									
Polotovar	[1] [2] [3]			[4]		[5] [6]			
Rozměr t,d [mm]	-			-		-			
Stav	.3			.3		.3			
Mez kluzu R_e [MPa]	441			-		441			
Mez pevnosti R_m [MPa]	608-726			608-726		628-765			
Tažnost A_5 [%] inf.podél	18			18		18			
Kontrakce Z [%] inf.	35			35		35			
Vrubová houževnatost KCU 2	-			-		-			
Tvrdość HB	max 210			max 220		max 225			
Modul pružnosti E [GPa]	213 (při 23 HRC), 210 (při 54HRC), 202 (při 63HRC)								
Modul pruž.ve smyku G [GPa]	-								
Teplota [°C] / tvrdość	-		20		200		400		600
Modul pružnosti E [GPa] za zvýšených teplot	23HRC		213		202		188		168
	54HRC		210		197		182		-
Fyzikální vlastnosti									
Hustota	p [kg.m ⁻³]		7 850						
Měrná tepelná kapacita	c_p [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]		480						
Teplotní součinitel roztažnosti	α [K ⁻¹]		12,5.10						
Tepelná vodivost	λ_s [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]		37,26						
Rezistivita	p [Ω . m]		256.10						
Technologické údaje									
Ocel je dobře tvaritelná za tepla a je vhodná k přímému kalení, ve stavu žháném na měkko dobře obrobitelná. Optimální průměr, nebo tloušťka zušlechťení je asi 20mm. Ocel je vhodná na součásti s velmi tvrdým povrchem odolným proti opotřebení.									
▶ kování 750 až 1 100 °C				▶ kalení do vody 790 až 820 °C					
▶ normalizační žhání 860 až 890 °C				▶ kalení do oleje 820 až 850 °C					
▶ žhání na měkko 720 až 760 °C				▶ popouštění 150 až 220 °C					
Nejnižší tvrdość po kalení do oleje 62HRC Mikrostruktura ve stavu .3: zrnitý perlit, zbytky lamelárního perlitu jsou dovoleny do 10% tvrdość HRC při teplotě popouštění									
Teplota	150 °C		175 °C		200 °C		250 °C		
doba popouštění [h]	2		63,0		62,0		60,2		58,0
	4		62,5		61,0		59,1		57,0
Tvaritelnost za tepla třída 2									
Obrobitelnost				soustružení		frézování, vrtání		broušení	
polotovar	[2],[3]	stav .3	13b		13b		-		
	[4]	stav .3	13b		13b		-		
	[5]	stav .3	12b		12b		-		

OCEL 14 109		CHROMOVÁ OCEL PRO VALIVÁ LOŽISKA		ČSN 41 4109 STN 41 4109										
Odolnost proti degračním procesům														
Odolnost proti korozi		normální.												
Odolnost proti opotřebení														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>HRC</th> <th>opotřebení [mg . mm⁻² . m⁻¹]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>58 - 59</td> <td>0,0267</td> </tr> <tr> <td>61 - 62</td> <td>0,0240</td> </tr> </tbody> </table>				HRC	opotřebení [mg . mm ⁻² . m ⁻¹]	58 - 59	0,0267	61 - 62	0,0240			
HRC	opotřebení [mg . mm ⁻² . m ⁻¹]													
58 - 59	0,0267													
61 - 62	0,0240													
Hodnoty platí pro odvalování válečků bez mazání, při zatížení 981MPa. Opotřebení je dáno úbytkem hmotnosti [mg], součinitelem stykové plochy [mm] a proběhnuté dráhy [m].														
Odolnost proti únavě														
mez únavy v ohybu při syntetickém cyklu [MPa]														
pro:		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>HRC</td> <td>58,5-59,0</td> <td>630</td> </tr> <tr> <td>HRC</td> <td>60,5-61,0</td> <td>715</td> </tr> <tr> <td>HRC</td> <td>62,5-63,0</td> <td>845</td> </tr> </tbody> </table>				HRC	58,5-59,0	630	HRC	60,5-61,0	715	HRC	62,5-63,0	845
HRC	58,5-59,0	630												
HRC	60,5-61,0	715												
HRC	62,5-63,0	845												
Použití														
Pro výrobu kuliček do Ø 25mm, válečků a kuželíků valivých ložisek do tloušťky stěny 16 mm.														
Ostatní vlastnosti														
Druh oceli podle způsobu výroby		Barevné značení ČSN 42 0010		Třída odpadu ČSN 42 0030										
elektroocel		modrá - bílá - oranžová		8										
Porovnání se zahraničními materiály														
ISO		EURO		Německo										
Type 1-0	ISO 683/17-73	100Cr6	EN94-73	100Cr6	DIN 17230-80									
Francie		Velká Británie		Rusko										
100Cr6	NF A35 - 565 - 94	535 A99	BS 970/10-083	ŠCh 15	GOST 801-81									
100Cr6	NF A35 - 552 - 86	2S135												
100Cr6	NF A35 - 553 - 82													
100Cr6	NF A36 - 102 - 93													

5.2 První ložiskový kroužek RA11



Obr. 5.3 Ložiskový kroužek RA11.

Zákazník: Mitec
Konečný zákazník: Jaguár/ Land Rover
Aplikace: Vyvažovací hřídel
Konečná aplikace: Benzinový motor Jaguár AJ200



Obr. 5.4 Aplikace ložiskového kroužku RA11.

Tab. 5.2 Objem výroby daného ložiskového kroužku RA11.

Výrobek	Objem výroby v jednotlivých měsících 10/18–04/19						
	10/2018	11/2018	12/2018	1/2019	2/2019	3/2019	4/2019
RA11	94 407 ks	98 903 ks	85 416 ks	98 903 ks	89 912 ks	94 407 ks	89 912 ks

5.2.1 Parametry kroužku RA11

Vnitřní průměr: 37,5 mm

Vnější průměr: 43 mm

Šířka: 26 mm

Důležité tolerance, které budeme muset dodržet z pohledu kvality:

Kruhovitost oběžné dráhy: 0,003 mm

Přímost oběžné dráhy: 0,004 mm

Drsnost oběžné dráhy Ra: 0,2 mm

5.2.2 Stručný výrobní postup ložiskového kroužku:

Výrobní postup ložiskového kroužku obsahuje následující operace.

- 1) Příprava materiálu.
- 2) Externí kompletní broušení.
- 3) Příjem dílu na sklad.
- 4) Praní, kalení a popouštění.
- 5) Výstupní kontrola.
- 6) Broušení čelních ploch.
- 7) Broušení vnějšího průměru-hrubování.
- 8) Broušení vnějšího průměru.
- 9) Mezioperační konzervace v ponorném stole.

5.2.3 Brousicí stroj ALS1

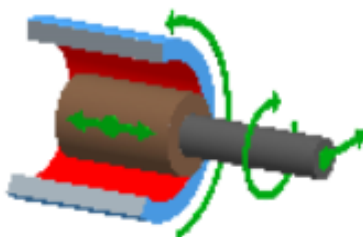


Obr. 5.5 Brousicí stroj ALS1.

Specifikace stroje:

Rozsah výrobku pro dopravník:	kolíkové, řetězové ID min průměr 20 mm
Rozsah výrobků linky:	šířka (10-50mm), OD (30-100mm), ID (20-100mm)
Rozsah broušených výrobků:	OD průměr 15-120 / 6-45 mm
Rozsah otáček:	450-5530 ot/min
Řezná rychlost:	max. 80 m/s
Brusivo:	max. průměr 80/45
Magnetický unašeč:	DG

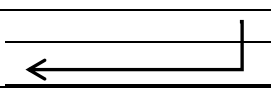
Pohyby při broušení



Obr. 5.6 Pohyby při broušení ložiskového kroužku RA11.


5.2.4 Seřizovací plány

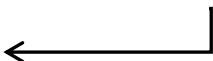
Tab. 5.3 Seřizovací plán pro RA11 broušený standartním brusivem.

Seřizovací plán		Výběr kotouče	
		30x28x10/18x4	
Stroj: JOB 3-4-5		Brus. kotouč specifikace:	AF100-K6-VCOL 80
Operace:	Broušení oběžné dráhy	životnost	190 ks
Výběr kusu		Data kotouče	
Aktuální obrobek	1 RA11	Nový kotouč	30 mm
Cyklus broušení	Oscilace osa Z	Hotově orovnáno	29,5 mm
Volba typu orovnění v cyklu	Orovnění 1x v cyklu	Opotřebovaný kotouč	24.5 mm
Sledovací měřidlo	Aktivní	Lk délka kotouče	28 mm
Cyklus orovnění	Válcový 1 diamant	M velikost modifikace	0 mm
Data broušení		Lm šířka modifikace	0 mm
Přídavek + rezerva	0,38 mm	L1 posun modifikace	0 mm
Střední hodnota Q	1,9 mm ³ / mm.s	L3 dopočet modifikace	mm
Čas posuvu	11,57 s	R rádius	0
Broušený průměr	37,55 mm	Data orovnění	
Délka oscilace	4 mm	Pp orovnění-přeběh vpřed	1 mm
Rychlost osc.ve fázi 9-4	2 mm	Pz orovnění-přeběh vpřed	1 mm
Rychlost osc.ve fázi 3-1	2 mm	Ko omezení kontroly orovnění	0 mm
Počet zdvihů osy H/D	375 / 375 zdihů/min.	Počet chybných orovnění	0
Prodleva oscilace vlevo	-3 s	Kontrola orovnění	ZAP.
Prodleva oscilace vpravo	-3 s	Směr osy 2 při orovnění	
Vyjiskření na konci	1,5 s	Počet orovnění do indexace	0
Upínací síla ve fázi 9-4	100 %	Počet or. cyklů do otočení orov.	0
Upínací síla ve fázi 3-1	80 %	Kompensace předorovnění	20 μ
Počet cyklů s redukcí rych. po orov.	0	Rychlost předorovnění	70 mm/ot
Redukce rych. posuvu po orovnění	0	Kompensace předorovnění	20 μ
Redukce rychlosti posuvu po DNJ	80 %	Rychlost orovnění	70 μ / ot
Dojždění na jiskru DNJ	ZAP	Vyjiskření před orovněním	0,1 s
Rychlost DNJ	180 %	Počet opakovaných orovnění	0

Doba redukce posuvu po DNJ	0,02 s	Odskok po orovnění	0 μ
Data vřeten		Data stroje-Servis	
Otáčky prac. vřet. při hrubování	900 ot/min	Čas vyražeče vpřed	0,400 s
Otáčky prac. vřet. při dokončování	1000 ot/min	Čas stohovače vpřed	0,450 s
Otáčky prac. vřet. v režimu seřízení	1050 ot/min	Typ hlavy sledovacího měřidla	EC 3 IH
Typ broušícího vřetena	HVX 120-45000/18	Doteky měřidla při tvarování	staženy
Řízení broušícího vřetene	konstantní obvodová rychlost	Mazání po projetí	2000 mm
Obv. rychlost br. kotouče	50 m/s	Měřicí stanice Amest	
Otáčky broušícího vřetene	25,06x1000 ot/min	Mez 0	0
Data stroje		Mez 1	0,005
Bezpečnostní poloha osy X	0 mm	Mez 2	0,03
Nakládací poloha osy Z	100 mm	Mez 3	0,05
Základní poloha osy Z	160 mm	Mez 4	0,4
Zpoždění orov.po sklop. orovnávače	0,3 s		
Zpoždění vypnutí stroje po nepřítomnosti kusu	185 min	Čas broušení 1 kusu	19,7 s
Vytvořil: Petr Hlídaek		Datum: 15.4.2018	Zpracoval: Petr Hlídaek

Tab. 5.4 seřizovací plán pro RA11 broušený CBN brusivem

	Typ kroužku: RA11	Výběr kotouče	
		Rozeř. brus. Kotouče	30 x 23 x 13
Seřizovací plán		Cyklus orovnění	fortuna
Stroj:	JOB IV CBN	Brus. kotouč specifikace:	58 B-76M4-V242-175-63M/S
Program č.			
Operace:	Broušení oběžné dráhy	Životnost	8000 ks
Výběr kusu		Data kotouče	
Aktuální obrobek	RA11	Nový kotouč	30,00 mm
Cyklus broušení	Oscilace osa Z	Hotově orovnáno	29,80 mm
Volba typu orovnění v cyklu	Orovnění po N cyklech (N = 50)	Opotřebovaný kotouč	24,00 mm
Sledovací měřidlo	Aktivní	Lk délka kotouče	23,00 mm
Cyklus orovnění	Orovňovací fortuna	M velikost modifikace	0 mm
Data broušení		Lm šířka modifikace	0 mm
Přídavek + rezerva	0,27 mm	L1 posun modifikace	0 mm
Střední hodnota Q	1,9 mm ³ /mm. s	L3 dopočet modifikace	0 mm
Broušený průměr	37,55 mm	R rádius	0 mm
Délka kusu	26 mm	Data orovnění	

Délka oscilace	4 mm	Pp orovnění-přeběh vpřed	2 mm
Rychlost osc.ve fázi 9-4	2 m/min	Pz orovnění-přeběh vpřed	2 mm
Rychlost osc.ve fázi 3-1	2 m/min	Ko omezení kontroly orovnění	3 mm
Počet zdvihů osy H/D	375/375zdhů/min	Počet chybných orovnění	3 mm
Prodleva oscilace vlevo	-3 s	Kontrola orovnění	zap
Prodleva oscilace vpravo	-3 s	Směr osy 2 při orovnění	
Vyjiskření na konci	1,5 s	Počet orovnění do indexace	0
Upínací síla ve fázi 9-4	100 %	Počet or. cyklů do otočení orov.	0
Upínací síla ve fázi 3-1	80 %	Kompenzace předorovnění	5 μm
Počet cyklů s redukcí rych. po orov.	0	Rychlost předorovnění	1,7 m/min
Redukce rych. posuvu po orovnění	0	Kompenzace orovnění	4 μm
Redukce rychlosti posuvu po DNJ	80 %	Rychlost orovnění	1,0 m/min
Dojždění na jiskru DNJ	ZAP	Vyjiskření před orovněním	1 s
Rychlost DNJ	180 %	Počet opakovaných orovnění	5
Doba redukce posuvu po DNJ	0,1 s	Odskok po orovnění	25 μm
Data vřeten		Data Fortuny	
Otáčky prac. vřet. při hrubování	700 ot/min	Způsob řízení orov.fort.	Konstantní otáčky
Otáčky prac. vřet. při dokončování	700 ot/min	Směr rotace orov.fort.	vpravo
Otáčky prac. vřet. v režimu seřízení	550 ot/min	Zadané otáčky fortuny při orov.	32,0 x1000(ot.min)
Typ broušícího vřetena	GMN 45000	Zadané otáčky stand by režim	10,0x1000(ot.min)
Řízení broušícího vřetene	konst. obvodová rychlost	Po orovnění zůstává ZAP	ZAP
Obv. rychlost br. kotouče	55 m/s	Měřicí stanice Marposs	
Otáčky broušícího vřetene	25,06x1000 ot/min	Mez 0	0
Data stroje		Mez 1	0,005
Bezpečnostní poloha osy X		Mez 2	0,03
Nakládací poloha osy Z	100 mm	Mez 3	0,05
Základní poloha osy Z	160 mm	Mez 4	0,26
Zpoždění orov.po sklop. orovnávače	0,3 s	Prsty	
Zpoždění vypnutí stroje po nepřítomnosti kusu	185 min	Čas broušení 1 kusu	20 s
Vytvořil: Petr Hlídaek		Datum: 08.02.2019	Zpracoval: Petr Hlídaek

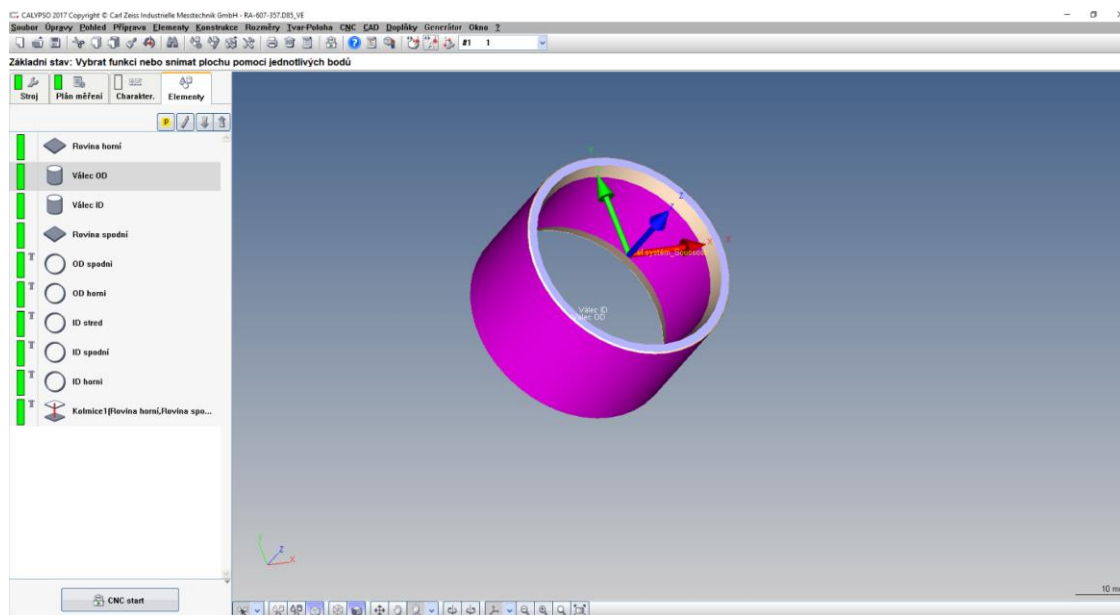
5.2.5 Náměry z pohledu kvality

Ložiskový kroužek RA11 byl změřen na 3D měřidle Micura, které je schopno změřit skoro všechny parametry svépomocí po zadání programu pro konkrétní díl.



Obr. 5.7 3D měřidlo Micura.

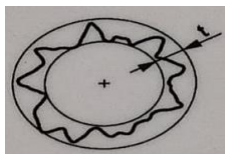
Pro každý jednotlivý typ kroužku se musí vytvořit samostatný program. Nejprve se vloží 3D model daného kroužku, na který se pak naprogramuje celý měřicí cyklus. Měřidlo Micura spolupracuje s programem Calypso, který přenáší data do elektronické podoby.



Obr. 5.8 Ukázka programu Calypso.

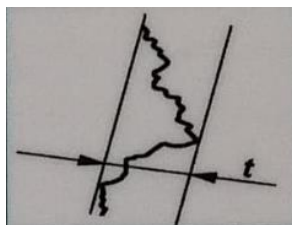
5.2.5.1 Důležité parametry pro kvalitu ložiskového kroužku

Kruhovitost: Toleranční pole je omezeno v dané rovině průřezu dvěma soustřednými kružnicemi vzdálenými od sebe o šířku mezikruží rovnou tolerance kruhovitosti.



Obr. 5.9 Tvar kruhovitosti.

Přímost: Toleranční pole je omezeno dvěma rovnoběžnými přímkami ve vyznačeném směru vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance přímosti.



Obr. 5.10 Graf přímosti.

Drsnost povrchu: Je souhrnný termín označující geometrické odchylky povrchu od jeho ideálního tvaru. Je výsledkem způsobu obrábění, hloubky stop po nástroji apod. Jedná se také o prohlubeniny (rýhy, trhliny), vyvýšeniny (vyboulením, otřepy) nebo plošné nedokonalosti (eroze, koroze).

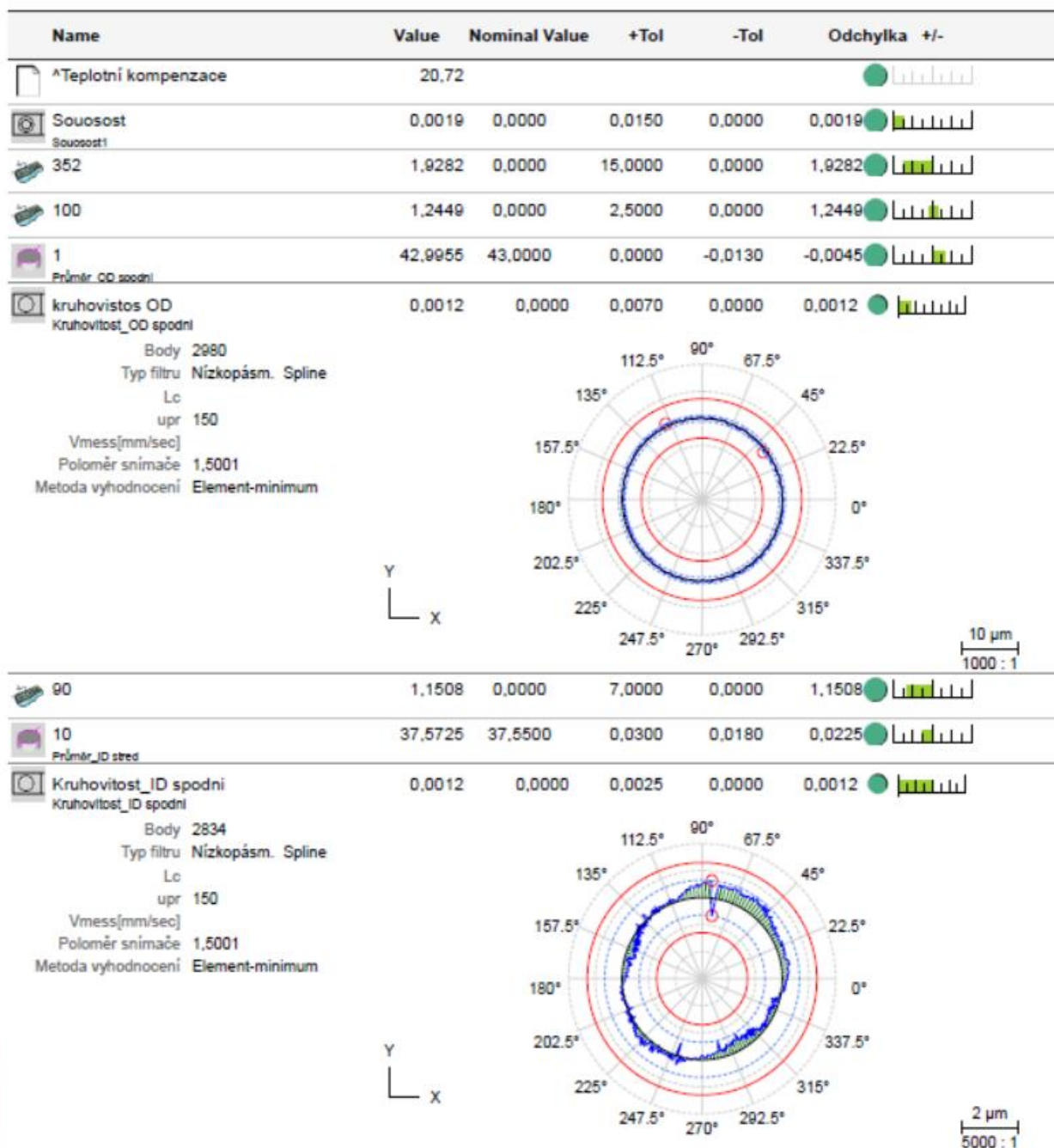
Na ložiskových kroužkách se samozřejmě měří i další parametry, které se měří při uvolňování zakázek:

- rozměry,
- rovnoběžnost,
- šířkové házení,
- detail (př. Na výkresu detail zkosení),
- symetrie,
- čistota,
- zbytkový magnetismus,
- vizuální kontrola.

Dále uvidíme náměry provedeny na oddělení kvality na 3D měřidle Micura. Jedno změření kroužku probíhá přibližně 3 min.

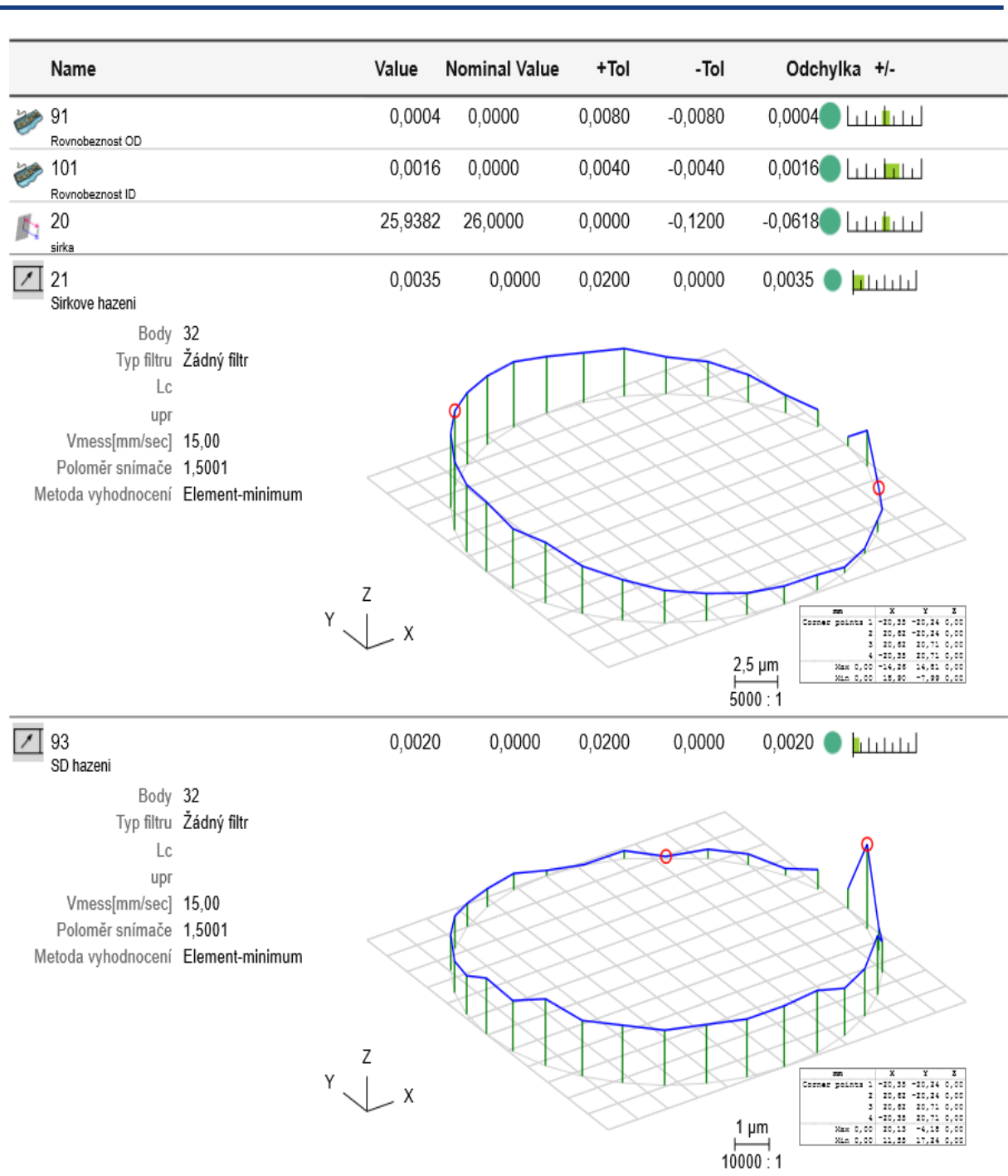
Ukázka bude obsahovat náměry jednoho kroužku broušeného stávajícím brusivem a druhého broušeném CBN brusivem. Zbylé náměry jsou dané do tabulky 5.5.

Náměr kroužků broušených stávajícím brusivem.



Obr. 5.11 Protokol z 3D měřidla Micura stávající brusivo a).

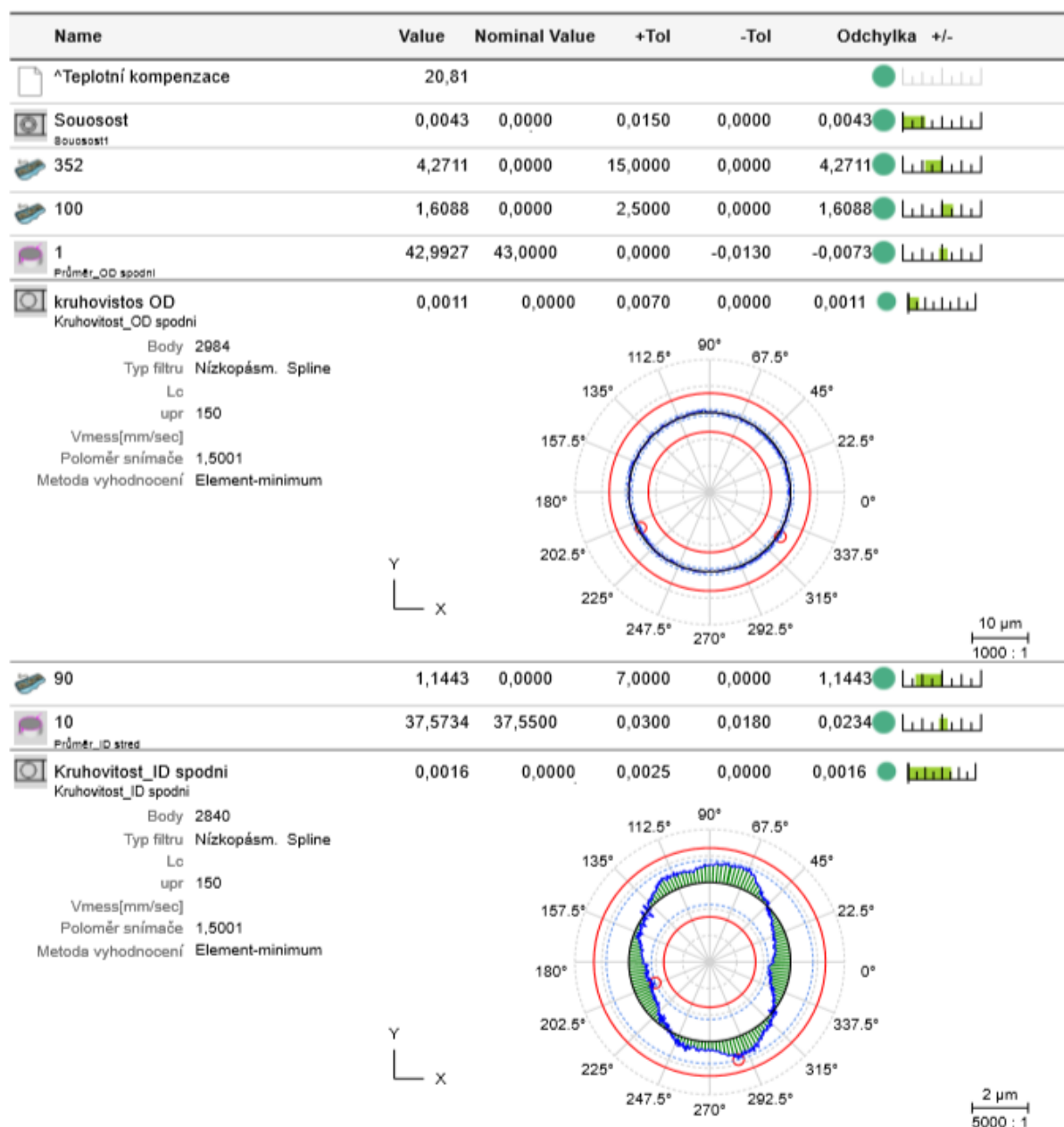
Na obrázku 5.11 lze vidět hodnota souososti, vnitřního a vnějšího průměru a vnitřní a vnější kruhovitosti ložiskového kroužku. Zbylé hodnoty slouží pro přepočítání hodnot z mm na µm. Všechny měřené hodnoty jsou dle specifikace výkresu.



Obr. 5.12 Protokol z 3D měřidla Micura stávající brusivo b).

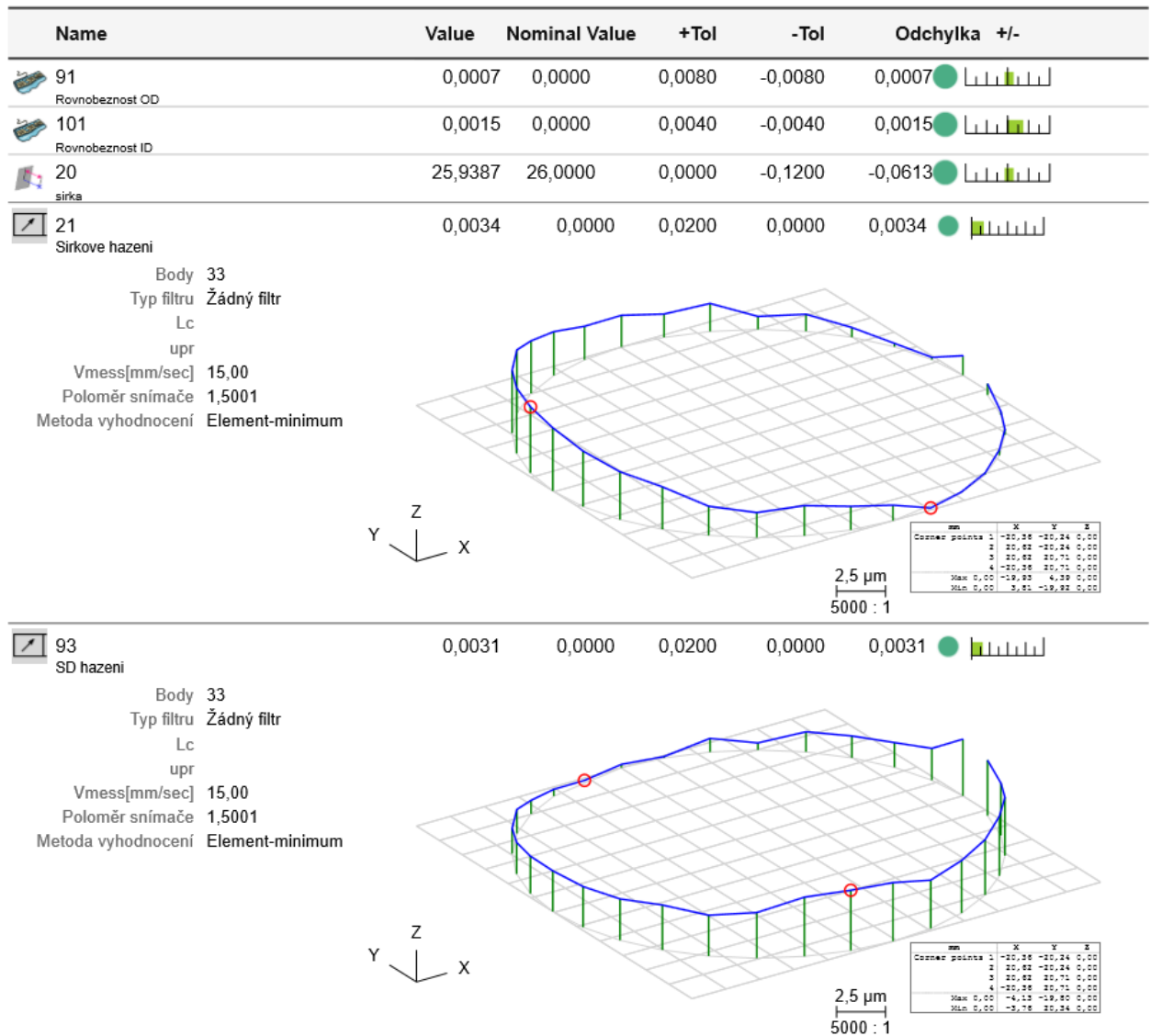
Na obrázku 5.12 lze vidět hodnota rovnoběžnosti vnějšího a vnitřního průměru, dále celková šířka ložiskového kroužku a dva typy házení, šířkové a SD házení. Všechny měřené hodnoty jsou dle specifikace výkresu.

Náměry kroužků broušených CBN brusivem.



Obr. 5.13 Protokol z 3D měřidla Micura CBN brusivo a).

Na obrázku 5.11 lze vidět hodnota souososti, vnitřního a vnějšího průměru a vnitřní a vnější kruhovitosti ložiskového kroužku. Zbylé hodnoty slouží pro přepočítání hodnot z mm na µm. Všechny měřené hodnoty jsou dle specifikace výkresu.



Obr. 5.14 Protokol z 3D měřidla Micura CBN brusivo b).

Na obrázku 5.14 lze vidět hodnotu rovnoběžnosti vnějšího a vnitřního průměru, dále celková šířka ložiskového kroužku a dva typy házení, šířkové a SD házení. Všechny měřené hodnoty jsou dle specifikace výkresu.

Tab. 5.5 Naměřené hodnoty na ložiskovém kroužku RA11.

RA11								
typ brusiva	CBN brusivo				stávající brusivo			
č.k.	1	2	3	4	1	2	3	4
kruhovitost OD [μm]	1,2	1,3	1,5	1	1	0,9	1,2	1,4
kruhovitost ID [μm]	1,2	1,1	0,6	0,8	0,5	1	0,8	0,6
průměr OD [mm]	42,995	42,995	42,995	42,995	42,995	42,995	42,995	42,995
průměr ID [mm]	37,572	37,572	37,572	37,572	37,572	37,572	37,572	37,572
drsnost povrchu RA [μm]	0,063	0,058	0,075	0,112	0,098	0,69	0,85	0,74
přímost oběžné dráhy [μm]	1,2	1,5	1,1	1,5	1,2	1,3	1,8	0,9

Dle naměřených hodnot je zřejmé, že broušení pomocí CBN brusiva nemá vliv na parametry kvality. Všechny důležité a měřené parametry jsou ve specifikaci podle výkresu, z čehož vyplývá, že nastavení stroje je správné a můžeme považovat experiment s prvním kroužkem za úspěšný.

5.3 Druhý ložiskový kroužek NU11



Obr. 5.15 Ložiskový kroužek NU11.

Zákazník: Punch powertrain
Konečný zákazník: Geely, Haima, Yema, Jiangling, Lifan
Aplikace: CVT převodovka (variátor)
Konečná aplikace: Geely Emgrand



Obr. 5.16 Aplikace ložiskového kroužku NU11.

Tab. 5.6 Objem výroby daného ložiskového kroužku AR11.

Výrobek	Objem výroby za období 10/18–04/09						
	10/2018	11/2018	12/2018	1/2019	2/2019	3/2019	4/2019
NU11	23 986 ks	21 014 ks	27 990 ks	22 000 ks	21 015 ks	25 015 ks	24 200 ks

5.3.1 Parametry kroužku NU 11:

Vnitřní průměr: 55 mm

Vnější průměr: 60 mm

Šířka: 16 mm

Důležité tolerance, které budeme muset dodržet z pohledu kvality:

Kruhovitost oběžné dráhy: 0,003 mm

Prímmost oběžné dráhy: 0,003 mm

Drsnost oběžné dráhy Ra: 0,2 mm

5.3.2 Stručný výrobní postup ložiskového kroužku:

Výrobní postup ložiskového kroužku obsahuje následující operace.

- 1) Příprava materiálu.
- 2) Soustružení na jedno upnutí.
- 3) Praní, kalení a popouštění.
- 4) Broušení dvou čelních ploch.
- 5) Broušení vnějšího průměru.
- 6) Broušení vnějšího průměru na hotovo.
- 7) Označení laserem.
- 8) Broušení opěrného čela.
- 9) Výstupní kontrola.

5.3.3 Broušící stroj ARRO

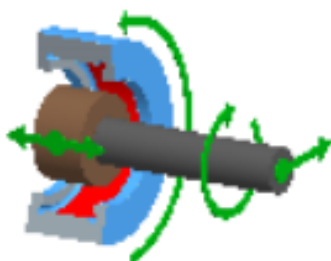


Obr. 5.17 Broušící stroj ARRO.

Specifikace stroje:

Rozsah výrobku pro dopravník:	kolíkové, řetězové ID min průměr 20 mm
Rozsah výrobků linky:	šířka (13-49 mm), OD (35-120mm), ID (27-100mm)
Rozsah broušených výrobků:	OD průměr 15-120 / 6-45 mm
Rozsah otáček:	450-5530 ot/min
Řezná rychlost:	max. 80 m/s
Brusivo:	max. průměr 80/45
Magnetický unašeč:	DG


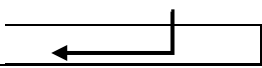
Pohyby při broušení:



Obr. 5.18 Pohyby při broušení ložiskového kroužku AR11.

5.3.4 Seřizovací plány

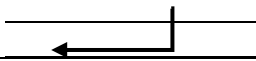
Tab. 5.7 Seřizovací plán pro AR11 broušený standartním brusivem.

 Typ kroužku: AR11		Výběr kotouče	
		Rozměry brus. kotouče: 40x 12,4x16	
Seřizovací plán uložen pod č.:		Cyklus orovnění	1 diamant
Stroj:	ARRO CNC	Brus. kotouč specifikace:	3SK5-120/3-16-VEZ1
		Oracle Nr.	
Operace:	Broušení oběžné dráhy	životnost	140 ks
Výběr kusu		Data kotouče	
Aktuální obrobek	AR11	Nový kotouč	40 mm
Cyklus broušení	Oscilace osa Z	Hotově orovnáno	39,5 mm
Volba typu orovnění v cyklu	orovnění po 1 ks	Opotřebovaný kotouč	33,00 mm
Sledovací měřidlo	Aktivní	Lk délka kotouče	12,4 mm
Cyklus orovnění	válcový 1 diamant	M velikost modifikace	1 mm
Data broušení		Lm šířka modifikace	12,5 mm
Přídavek + rezerva	0,400 mm	L1 posun modifikace	0 mm
Střední hodnota Q	2,50 mm ³ /mm.s	L3 dopočet modifikace	0 mm
Čas posuvu	16,4 s	R rádius	0 mm
Broušený průměr	55 mm	Data orovnění	
Délka oscilace	0,3 mm	Pp orovnění-přeběh vpřed	2 mm
Rychlost osc.ve fázi 9-4	3 m/min	Pz orovnění-přeběh vzad	2 mm
Rychlost osc.ve fázi 3-1	3 m/min	Ko omezení kontroly orovnění	3 mm
Počet zdvihů osy H/D	750/750 zdvihů/min	Počet chybných orovnění	3 mm
Prodleva oscilace vlevo	-3 s	Kontrola orovnění	ZAP
Prodleva oscilace vpravo	-3 s	Směr osy 2 při orovnění	
Vyjiskření na konci	2 s	Kompensace předorovnění	30 um
Upínací síla ve fázi 9-4	100 %	Rychlost předorovnění	100 μm/ot
Upínací síla ve fázi 3-1	100 %	Kompensace orovnění	20 um
Počet cyklů s redukcí rych. po orov.	5	Rychlost orovnění	30 μm/ot
Redukce rych. posuvu po orovnění	0	Vyjiskření před orovněním	0,5 s
Redukce rychlosti posuvu po DNJ	Zap	Počet opakovaných orovnění	0
Dojíždění na jiskru DNJ	Zap	Odskok po orovnění	20 um
Rychlost DNJ	100 %	Otáčení orovňovací kladky (ot.min.)	0
Doba redukce posuvu po DNJ	150 %		

Data vřeten			
Otáčky prac. vřet. při hrubování	650 ot/min		
Otáčky prac. vřet. při dokončování	650 ot/min	Data kladky	
Otáčky prac. vřet. v režimu seřízení	550 ot/min	Směr rotace	souběžně
Typ broušícího vřetena	GMN 45000	Vypínání po orovní	Ne
Řízení broušícího vřetene	konstantní obvodová rychlost	Řízení otáček (konst. Ot. (ot. /min.))	Konst. Otáčky
Obv. rychlost br. kotouče	50 m/s	poměr (obv. Rychl. kladky/Obv. Rychl. Br. kotouče)	19000 ot/min
Otáčky broušícího vřetene	40x1000 ot/min	opotřebení kladky na 1 orov.	-
Data stroje		Skutečné opotřebení orovn. Kladky	-
Bezpečnostní poloha osy X	0 mm	Max. opotřebení orovnávací kladky	-
Nakládací poloha osy Z	mm	Počet orovní brusní kladky	-
Základní poloha osy Z	180 mm	Cyklus ruč. Orovní 1x	--
Zpoždění orov.po sklop. orovnávače	0 s		
Sklápění orovnávače	ANO	Čas broušení 1 kusu	24,3 s
Vytvořil: Petr Hlídek		12.04.2019	Zpracoval: Petr Hlídek

Tab. 5.8 Seřizovací plán pro AR11 broušený CBN brusivem.

Koyo		Typ kroužku: AR11		Výběr kotouče	
				Rozměry brus. kotouče: 40x12,4 x16	
Seřizovací plán uložen pod č.:				Cyklus orovní	Rotační kladka
Stroj:		ARRO CNC		Brus. kotouč specifikace:	CBN
Operace:		Broušení oběžné dráhy		životnost	8000 ks
Výběr kusu		Data kotouče			
Aktuální obrobek	AR11	Nový kotouč	40 mm		
Cyklus broušení	Oscilace osa Z	Hotově orováno	39,8 mm		
Volba typu orovní v cyklu	orovní po 100 ks	Opotřebovaný kotouč	31,50 mm		
Sledovací měřidlo	Aktivní	Lk délka kotouče	12,4 mm		
Cyklus orovní	Rotační kladka	M velikost modifikace	1 mm		
Data broušení		Lm šířka modifikace	12,5 mm		
Přídavek + rezerva	0,5 mm	L1 posun modifikace	0 mm		
Střední hodnota Q	2,3mm ³ /mm.s	L3 dopočet modifikace	0 mm		
Čas posuvu	16,4 s	R radius	0 mm		
Broušený průměr	55,5 mm	Data orovní			

Délka oscilace	2 mm	Pp orovnění- přeběh vpřed	2 mm
Rychlost osc.ve fázi 9-4	3 mm	Pz orovnění- přeběh vzad	2 mm
Rychlost osc.ve fázi 3-1	3 mm	Ko omezení kontroly orovnění	3 mm
Počet zdvihů osy H/D	750/750 zdvihů/min	Počet chybných orovnění	3 mm
Prodleva oscilace vlevo	-3 s	Kontrola orovnění	ZAP
Prodleva oscilace vpravo	-3 s	Směr osy 2 při orovnění	
Vyjiskření na konci	1,5 s	Kompenzace předorovnění	4 mikro
Upínací síla ve fázi 9-4	100 %	Rychlost předorovnění	50 mikro/ot
Upínací síla ve fázi 3-1	100 %	Kompenzace orovnění	4 mikro
Počet cyklů s redukcí rych. po orov.	5	Rychlost orovnění	50 mikro/ot
Redukce rych. posuvu po orovnění	0	Vyjiskření před orovněním	0,5 s
Redukce rychlosti posuvu po DNJ	zap	Počet opakovaných orovnění	3
Dojždění na jiskru DNJ	zap	Odskok po orovnění	15 μm
Rychlost DNJ	80 %	Otáčení orovnávací kladky (ot.min.)	
Doba redukce posuvu po DNJ	120 %		
Data vřeten			
Otáčky prac. vřet. při hrubování	600 ot/min		
Otáčky prac. vřet. při dokončování	600 ot/min	Data kladky	
Otáčky prac. vřet. v režimu seřízení	550 ot/min	Směr rotace	souběžně
Typ brousícího vřetena	GMN 45000	Vypínání po orovnění	Ne
Řízení brousícího vřetene	konstantní obvodová rychlost	Řízení otáček (konst. Ot. (ot/min.))	konst. otáčky
Obv. rychlost br. kotouče	60 m/s	poměr (obv. Rychl. kladky/Obv. Rychl. Br. kotouče)	19000 ot/min
Otáčky brousícího vřetene	40x1000 ot/min	opotřebení kladky na 1 orov.	-
Data stroje		Skutečné opotřebení orovn. Kladky	-
Bezpečnostní poloha osy X	0 mm	Max. opotřebení orovnávací kladky	-
Nakládací poloha osy Z	mm	Počet orovnění brusní kladky	-
Základní poloha osy Z	180 mm	Cyklus ruč. Orovnění 1x	-
Zpoždění orov.po sklop. orovnávače	0		
Sklápění orovnače	ANO	Čas broušení 1 kusu	24,7 s
Vytvořil: Petr Hlídaek		12.04.2019	Zpracoval: Petr Hlídaek

5.3.5 Náměry z pohledu kvality

Ložiskový kroužek NU11 byl změřen z důvodu složitějšího tvaru a 2 bordů změřen na rozdílných měřicích stanicích.

Použité měrné stanice:

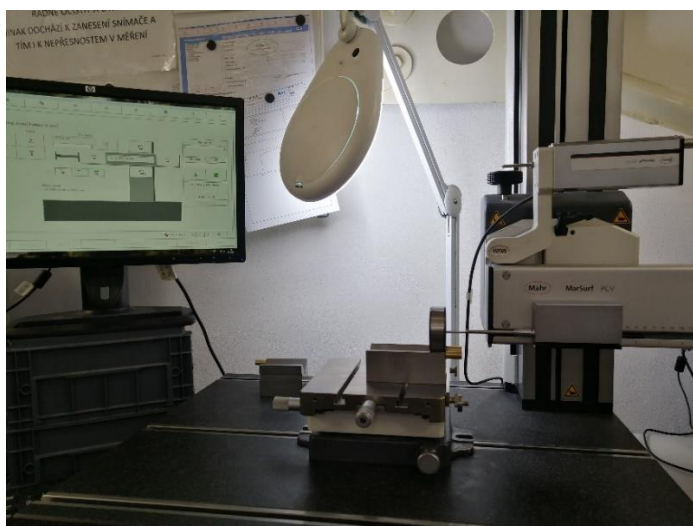
- 1) Kruhovitost, RTA: kruhoměr od firmy Aqustyl



Obr. 5.19 Kruhoměr.

Na kruhoměru lze provádět náměry kruhovitosti, RTA analýza, rovinnost čel a sousost. Kruhoměr slouží jak pro uvolňování zakázek na mezioperační kontrole, tak pro podporné měření ve výrobě.

- 2) Přímost oběžné dráhy: Konturograf od firmy Mahr



Obr. 5.20 Konturograf.

Na konturografu lze měřit přímost oběžné dráhy, detail z výkresu (hrany, zaoblení, zkosení), také lze měřit drsnost povrchu. Měření povrchu se používá na krátké ploše pod 0,8 mm.

3) Drsnost povrchu: Drsnoměr od firmy Mahr



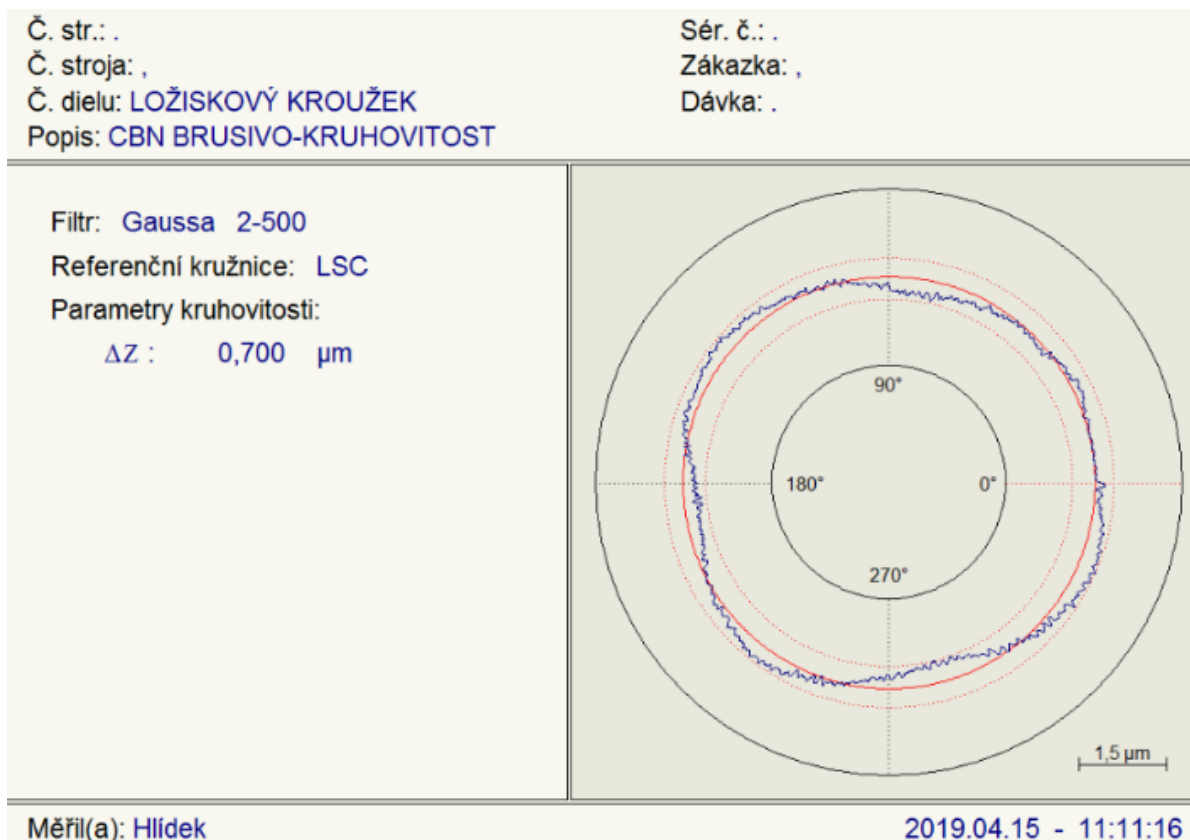
Obr. 5.21 Drsnoměr.

Na drsnoměru lze měřit parametry povrchu jako jsou Ra, Rz, materiálový podíl a další.

5.3.5.1 Náměry z jednotlivých měřících stanic

Vždy bude uveden jeden náměr ložiskového kroužku broušeného pomocí CBN brusiva a jeden ložiskový kroužek broušený pomocí stávajícího brusiva. Další naměřené hodnoty budou uvedeny v tabulce.

1) Náměr kruhovitosti:

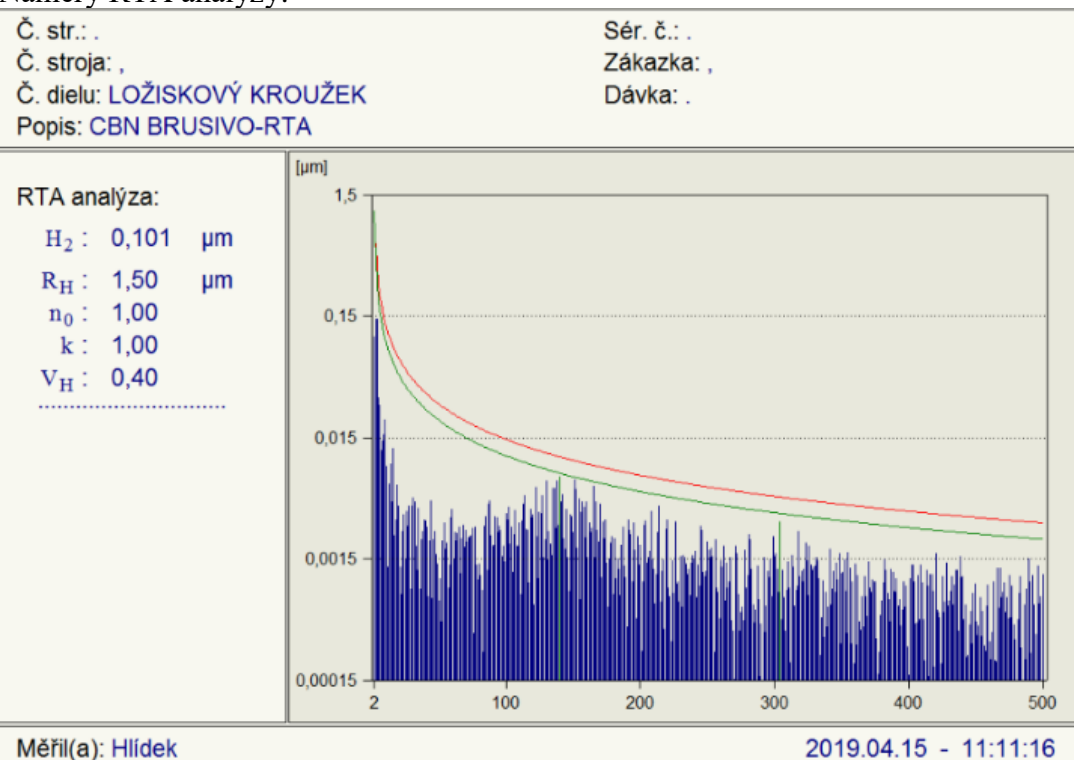


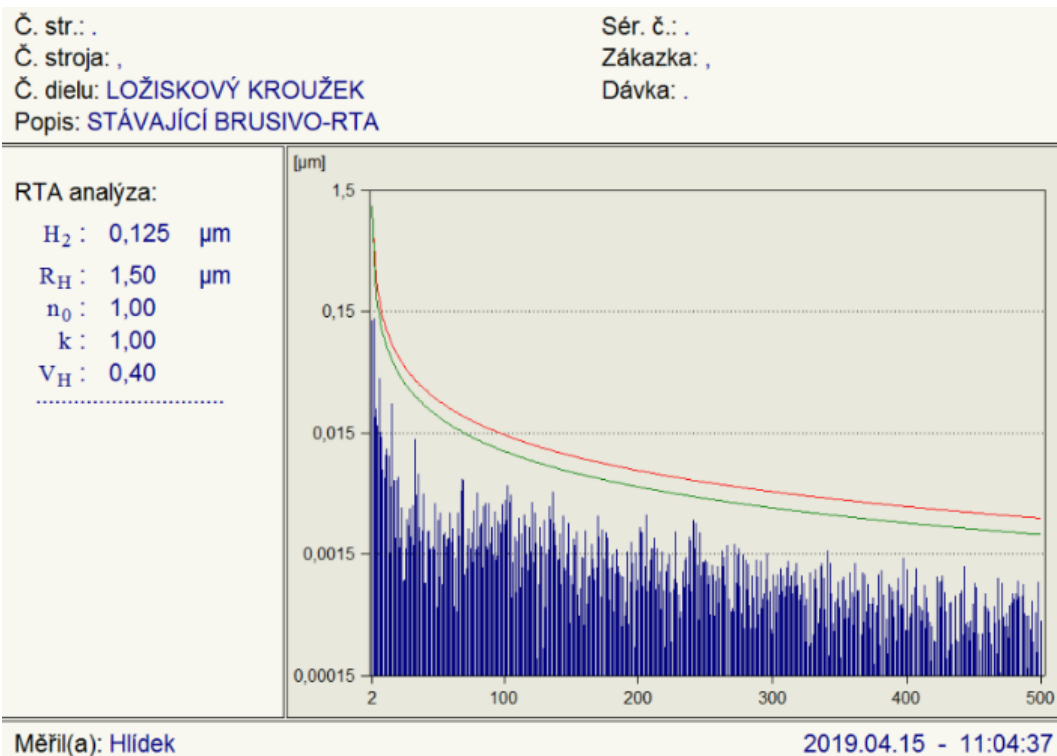


Obr. 5.22 Náměry kruhovitosti.

Kruhovitost ložiskového kroužku je jeden z nejdůležitějších parametrů z pohledu kvality. Má velkou závislost na dalších parametrech jako je RTA analýza neboli vlnitost povrchu, která souvisí s hlučností ložiska, na měření KIA-KEA a dalších parametrech.

2) Náměry RTA analýzy:

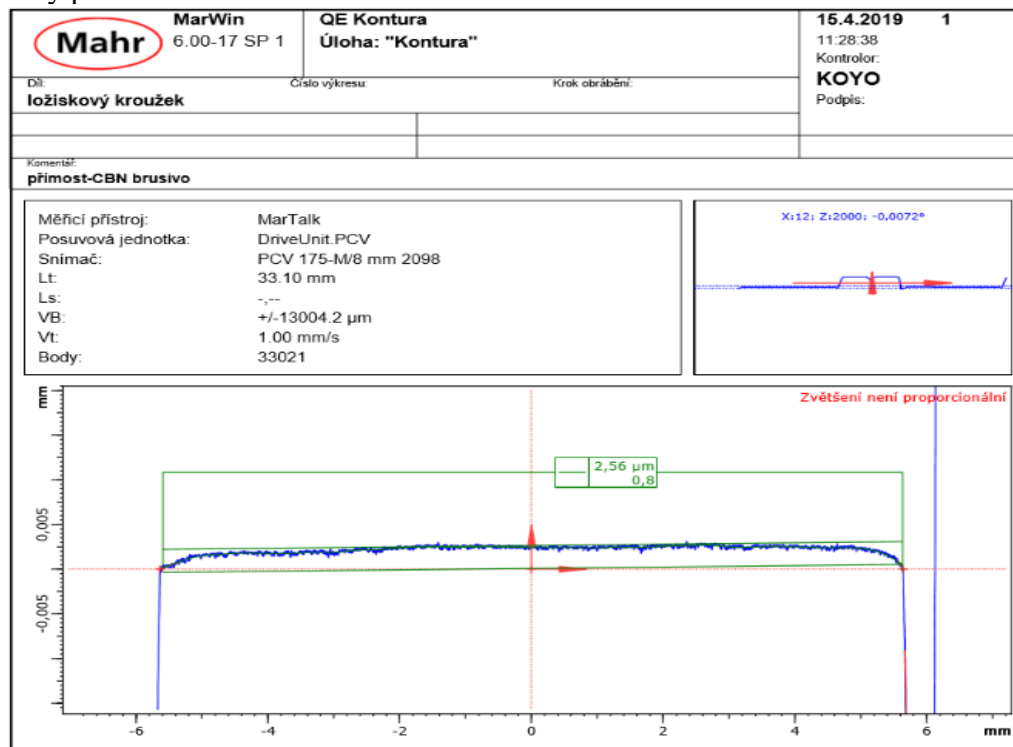


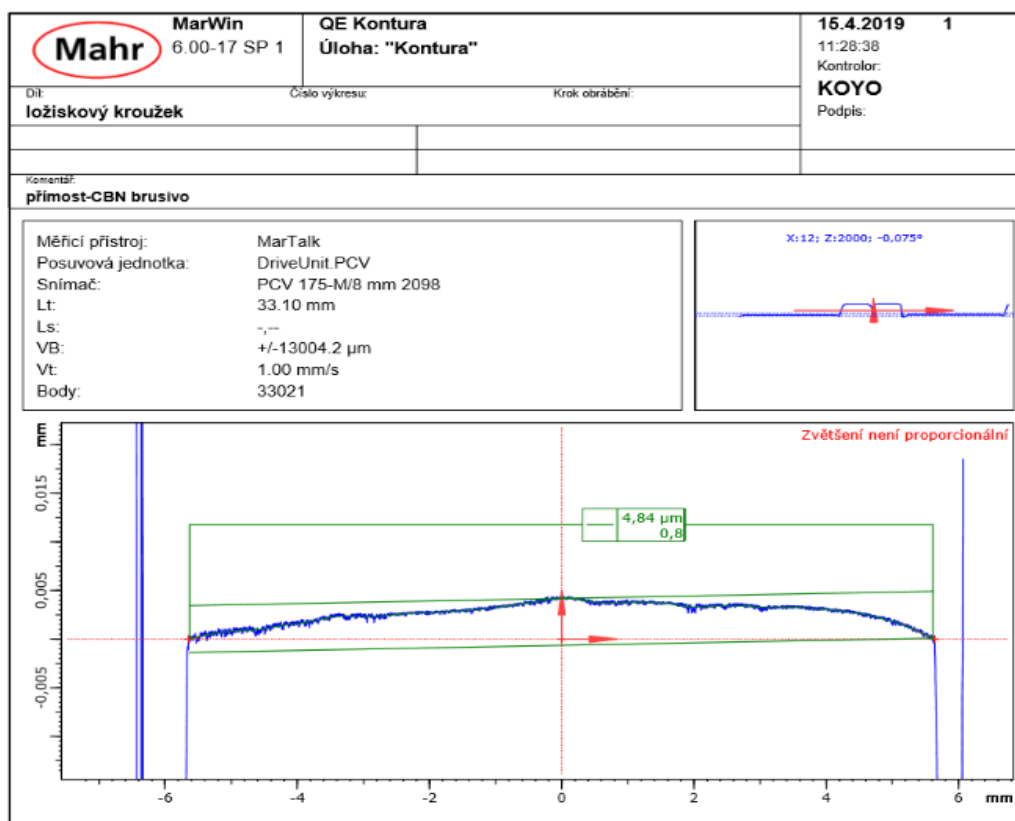


Obr. 5.23 Náměry RTA analýzy.

RTA analýza se provádí kvůli hlučnosti ložiska v aplikaci. Na RTA analýzu má přímý vliv kruhovitosť kroužku. Různé tvary př. hvězda nebo jiné nekruhové tvary zapříčiní špatný výsledek RTA analýzy. Kroužek poté musí jít na opravu např. honování.

3) Náměry přímosti:

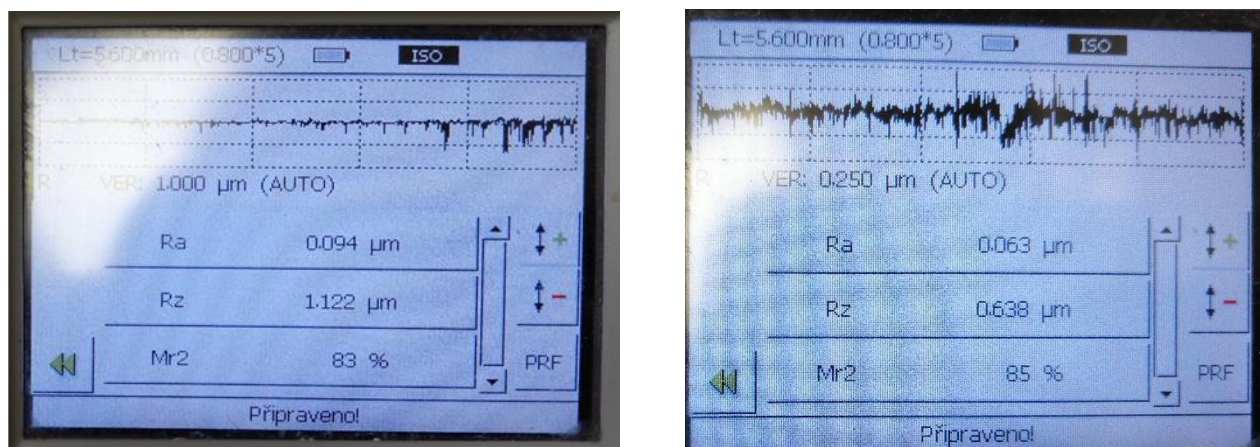




Obr. 5.24 Náměry přímosti oběžné dráhy.

Přímost se měří přes celou šířku ložiskového kroužku, pokud není zadána vzdálenost přímo z výkresu. Průběh nás zajímá zejména kvůli tvaru a kantům na krajích oběžné dráhy, které by měly velký vliv na funkčnost ložiska.

4) Náměry drsnosti povrchu



Obr. 5.25 Náměr drsnosti oběžné dráhy.

Drsnost povrchu se měří na délce 5,6 mm. U jiných kroužku lze použít dráhu 0,8 mm, měření není však tak přesné. Drsnost povrchu má velký vliv na funkčnost ložiskového kroužku. Špatná drsnost má vliv na další měřené parametry, jako je přímost oběžné dráhy, kruhovitost a RTA analýza. Dále může způsobit hlučnost ložiska.

Tab. 5.9 Naměřené hodnoty na ložiskovém kroužku AR11.

AR11								
typ brusiva	CBN brusivo				stávající brusivo			
č.k.	1	2	3	4	1	2	3	4
kruhovitost OD [μm]	1,2	1,4	2	1,8	1,3	1,5	1,9	1,4
kruhovitost ID [μm]	0,7	0,9	0,65	1,2	0,72	0,9	1	0,8
průměr OD [mm]	60,012	60,044	60,032	60,045	60,023	60,032	60,019	60,011
průměr ID [mm]	55,521	55,511	55,513	55,512	55,522	55,498	55,519	55,522
drsnost povrchu Ra [μm]	0,094	0,084	0,099	0,076	0,063	0,074	0,065	0,095
přímost oběžné dráhy [μm]	0,8	1,2	1,8	0,9	0,6	0,86	0,92	0,79
RTA	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

I v tomto případě lze vidět, že broušení pomocí CBN brusiva nemá vliv na parametry kvality a všechny měřené parametry jsou ve specifikaci podle výkresu. I zde je tedy nastavení stroje správné a můžeme považovat experiment s druhým kroužkem za úspěšný.

5.4 Použité brusivo v experimentu

K experimentu byly vybrány čtyři druhy brusiv. První dvě brusiva CBN od firem 3M a Hermes Schleifmittel byly použity na ložiskový kroužek RA 11. Třetím CBN brusivem, od společnosti Tyrolit, byl zpracován ložiskový kroužek NU 11. Jako čtvrté bylo zvoleno brusivo od dodavatele Hermes Schleifmittel, které se používá v současné výrobě.

5.4.1 CBN brusiva



Obr. 5.26 CBN brusivo.

1) Brousicí kotouč od firmy 3M:



Obr. 5.27 Logo firmy 3M [15].

Firma 3M byla založena roku 1902 v americkém státě Minnesota. Firma působí ve více než 60 zemích a produkuje více než 75 000 výrobků [15].

Rozměry brousicího kotouče: 30x28x16 mm.
Cena jednoho kotouče: 5030 Kč.



Obr. 5.28 Brousicí kotouč od firmy 3M.

2) Brousicí kotouč od firmy Hermes Schleifmittel:



Obr. 5.29 Logo firmy Hermes Schleifmittel [16].

Firma Hermes Schleifmittel byla založena roku 1927 v Hamburku. Firma se zabývá výrobou brusiv a přesných lepidel a zaměřuje se na automobilový, letecký a nábytkářský průmysl [16].

Rozměry brousicího kotouče: 30x23x13 mm.
Cena jednoho kotouče: 4475 Kč.



Obr. 5.30 Brousicí kotouč od firmy Hermes Schleifmittel.

3) Brousicí kotouč od firmy Tyrolit:



Obr. 5.31 Logo firmy Tyrolit [17].

Firma Tyrolit byla založena roku 1919 v tyrolském Schwazu. V jedenácti státech zaměstnává více než 4 600 pracovníků ve 29 výrobních závodech. Firma vyrábí okolo 80 000 různých výrobků [17].

Rozměry brousicího kotouče: 40x12,4x16 mm.
Cena jednoho kotouče: 14 900 Kč.



Obr. 5.32 Brousicí kotouč od firmy Tyrolit.

Výdrž jednotlivých brousících CBN kotoučů se pohybuje okolo 8 000 nabroušených kusů.

5.4.2 Současné brusivo

Na oba ložiskové kroužky jsou používány brusné kotouče od firmy Hermes Schleifmittel.



Obr. 5.33 Logo firmy Hermes Schleifmittel [16].

Brousící kotouč: 3SK5 120/3 I6 VEZ1

3SK5-Brousící prostředek, druh brusiva

120/3- Zrnitost, velikost zrna, Kombinace zrn

I6-Tvrdost/struktura

VEZ1-Pojivo

Rozměry brousícího kotouče pro typ: RA11 –30x28x10

AR11–40x12,4x16

Cena jednotlivých brousících kotoučů: RA11 – 162 Kč/ks

AR11 – 100 Kč/ks

Výdrž jednotlivých brousících kotoučů: RA11 – 190 ks

AR11 – 140 ks

6 Technicko-ekonomické zhodnocení

6.1 Použité brusné kotouče

Tab. 6.1 Shrnutí brousících kotoučů.

brusivo	CBN			stávající	
	RA11		AR11	RA11	AR11
typ kroužku					
firma	Hermes Schleifmittel	3M	Tytolit	Hermes Schleifmittel	
rozměr [mm]	30x23x13	30x28x16	40x12,4x16	30x28x10	40x12,4x16
cena [Kč]	4 475	5 030	14 900	162	100
výdrž jednoho kotouče [ks]	8 000	8 000	8 000	190	140

6.1.1 Vyhodnocení podle ceny

Kroužky budou porovnány podle ceny a výdrže za měsíční produkci.

6.1.1.1 Ložiskový kroužek RA 11

Měsíční produkce pro kroužek RA11 bude 90 000 ks.

Brousící kotouč od firmy Hermes Schleifmittel rozměr 30x23x13 mm:

Kotouč je z CBN brusiva.

- 1) Počet potřebných kroužku na produkci

$$90\,000 : 8\,000 = 11,25 \text{ ks} \Rightarrow 12 \text{ ks}$$

Na produkci bude potřeba 12 kusů brousících kotoučů.

- 2) Cena brousících kotoučů

$$12 \cdot 4\,475 = 53\,700 \text{ Kč}$$

Cena brousících kotoučů bude **53 700 Kč**.

Brousící kotouč od firmy 3M rozměr 30x28x16 mm:

Kotouč je z CBN brusiva

- 1) Počet potřebných kroužku na produkci

$$90\,000 : 8\,000 = 11,25 \text{ ks} \Rightarrow 12 \text{ ks}$$

Na produkci bude potřeba 12 kusů brousících kotoučů

- 2) Cena brousících kotoučů

$$12 \cdot 5\,030 = 60\,360 \text{ Kč}$$

Cena brousících kotoučů bude **60 360 Kč**

Brousicí kotouč od firmy Hermes Schleifmittel rozměr 30x28x10 mm:

Kotouč je ze stávajícího brusiva.

- 1) Počet potřebných kroužku na produkci

$$90\,000 : 190 = 473,8 \text{ ks} \Rightarrow 474 \text{ ks}$$

Na produkci bude potřeba 474 kusů brousicích kotoučů.

- 2) Cena brousicích kotoučů

$$474 \cdot 162 = 76\,788 \text{ Kč}$$

Cena brousicích kotoučů bude **76 788 Kč.**

Tab. 6.2 Shrnutí dle ceny RA11

firma	Hermes Schleifmittel	3M	Hermes Schleifmittel
typ	CBN		současné brusivo
cena [Kč]	53 700	60 360	76 788

Při zhodnocení dle ceny a zavedení CBN brusiva ve firmě pro ložiskový kroužek RA11 by byl vybrán brousicí kotouč od firmy Hermes Schleifmittel. Na měsíční produkci 90 000 ks by bylo potřeba 12 ks brousicích kotoučů v ceně 53 700 Kč.

6.1.1.2 Ložiskový kroužek AR11

Měsíční produkce pro ložiskový kroužek AR11 bude 25 000 ks.

Brousicí kotouč od firmy Tyrolit rozměr 40x12,4x16 mm:

Kotouč je z CBN brusiva.

- 1) Počet potřebných kroužku na produkci

$$25\,000 : 8\,000 = 3,125 \text{ ks} \Rightarrow 4 \text{ ks}$$

Na produkci bude potřeba 4 kusy brousicích kotoučů.

- 2) Cena brousicích kotoučů

$$4 \cdot 14\,900 = 59\,600 \text{ Kč}$$

Cena brousicích kotoučů bude **59 600 Kč.**

Brousicí kotouč od firmy Hermes Schleifmittel rozměr 40x12,4x16 mm:

Kotouč je ze stávajícího brusiva.

- 1) Počet potřebných kroužku na produkci

$$25\,000 : 140 = 178,57 \text{ ks} \Rightarrow 179 \text{ ks}$$

Na produkci bude potřeba 179 kusů brousicích kotoučů.

- 2) Cena brousicích kotoučů

$$179 \cdot 100 = 17\,900 \text{ Kč}$$

Cena brousicích kotoučů bude **17 900 Kč.**

Tab. 6.3 Shrnutí dle ceny AR11.

firma	Tyrolit	Hermes Schleifmittel
typ	CBN	současné brusivo
cena [Kč]	59 600	17 900

Při hodnocení výroby dle ceny a zavedení CBN brusiva ve firmě pro ložiskový kroužek AR11 je zřejmé, že by se na měsíční produkci 25 000 ks spotřebovaly 4 ks brousících kotoučů v ceně 59 600 Kč. Za současného stavu spotřebujeme na měsíční produkci 179 ks brousících kotoučů v ceně 17 900 Kč. Ze srovnání dle ceny je evidentní, že přechod na CBN brusivo je z finančního hlediska značně nevýhodný, pokud by společnost nenašla nového dodavatele, který by CBN brusivo nabízel za nižší cenu.

6.1.2 Vyhodnocení podle doby broušení

Jelikož společnost vyrábí i jiné produkty, na které jsou nastaveny konkrétní plány výroby, je důležité i časové hledisko využití kapacit pro výrobu jednotlivých produktů. Výroba kroužků bude tedy porovnána také z pohledu času potřebného na výrobu měsíční produkce.

Tab. 6.4 Časové údaje broušení.

typ kroužku	RA11		AR11	
typ brusiva	CBN	současné brusivo	CBN	současné brusivo
doba broušení 1 kusu [s]	20	19,7	24,7	24,3
orovnění brousícího kotouče [s]	19	4	20	5
počet ks před orovněním kotouče [ks]	100	1	100	1

6.1.2.1 Ložiskový kroužek RA11

Měsíční produkce pro kroužek RA11 bude 90 000 ks.

- 1) Počet potřebných orovnění u kroužku RA11

Pro CBN brusivo:

$$90\,000 : 100 = 900 \text{ opakování}$$

Pro současné brusivo:

$$90\,000 : 1 = 90\,000 \text{ opakování}$$

2) Doba orovnávaní

Pro CBN brusivo

$$900 \cdot 19 = 17\,100 \text{ s} \approx 4,75 \text{ hod.}$$

Pro současné brusivo

$$90\,000 \cdot 4 = 360\,000 \text{ s} \approx 100 \text{ hod.}$$

3) Doba broušení na celou měsíční produkci

Pro CBN brusivo

$$20 \cdot 90\,000 = 1\,800\,000 \text{ s} \approx 500 \text{ hod.}$$

Pro současné brusivo

$$19,7 \cdot 90\,000 = 1\,773\,000 \approx 492,5 \text{ hod.}$$

4) Celková doba výroby ložiskového kroužku

Pro CBN brusivo

$$4,75 + 500 = 504,75 \text{ hod.}$$

Pro současné brusivo

$$100 + 492,5 = 592,5 \text{ hod.}$$

6.1.2.2 Ložiskový kroužek AR11

Měsíční produkce pro kroužek RA11 bude 25 000 ks.

1) Počet potřebných orovnávaní u kroužku RA11

Pro CBN brusivo

$$25\,000 : 100 = 250 \text{ opakovaní}$$

Pro současné brusivo

$$25\,000 : 1 = 25\,000 \text{ opakovaní}$$

2) Doba orovnávaní

Pro CBN brusivo

$$250 \cdot 20 = 5\,000 \text{ s} \approx 1,39 \text{ hod.}$$

Pro současné brusivo

$$25\,000 \cdot 5 = 12\,500 \approx 34,7 \text{ hod.}$$

3) Doba broušení na celou měsíční produkci

Pro CBN brusivo

$$24,7 \cdot 25\,000 = 617\,500\text{ s} \approx 171,5\text{ hod.}$$

Pro současné brusivo

$$24,3 \cdot 25\,000 = 607\,500\text{ s} \approx 168,75\text{ hod.}$$

4) Celková doba výroby ložiskového kroužku

Pro CBN brusivo

$$1,39 + 171,5 = 172,89\text{ hod.}$$

Pro současné brusivo

$$34,7 + 168,75 = 203,45\text{ hod.}$$

Tab. 6.5 Souhrn dle času.

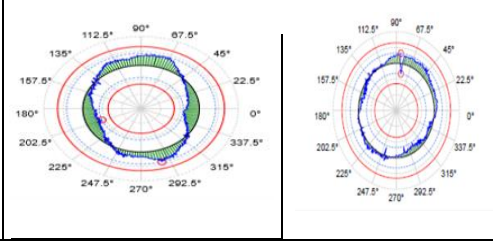
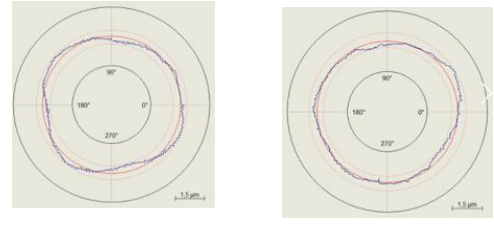
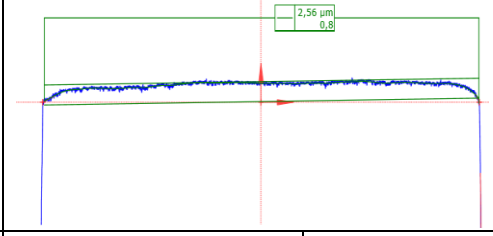
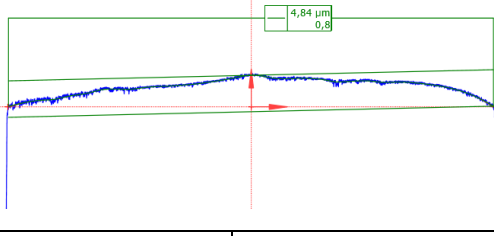
typ kroužku	RA11		AR11	
	typ brusiva	stávající	typ brusiva	stávající
celkový čas na měsíční produkci [hod]	504,75	592,5	172,89	203,45

Z časového hlediska je broušení čas na jeden kus za použití CBN brusiva delší, avšak celkový čas na výrobu měsíční produkce je kratší. Je to zapříčiněno procesem orovnávaní. Při použití současného brusiva je nutné orovnat broušící kotouč po každém ložiskovém kroužku, zatímco při broušení CBN brusivem stačí kotouč orovnat po 100 kusech ložiskových kroužků.

6.1.3 Vyhodnocení dle kvality

Z níže uvedené ukázky náměřů je zřejmé, že přechod ze současného brusiva na CBN brusivo nemá vliv na kvalitu ložiskových kroužků. Podle náměřů, které jsou součástí diplomové práce bylo dokázáno, že měřené parametry, jakou jsou kruhovitosť, přímotsť oběžné dráhy, drsnost povrchu a další jsou, ve specifikaci a nemuseli by se tedy měnit hodnoty na výkresu.

Tab. 6.6 Ukázka náměřů.

typ kroužku	RA11		AR11	
použitá brusivo	CBN	současné brusivo	CBN	současné brusivo
kruhovitost oběžné dráhy				
přímotsť				
drsnost povrchu RA [μm]	0,063	0,098	0,094	0,064

7 Závěr

Tématem této diplomové práce je broušení ložiskových kroužků se zaměřením na CBN brusivo ve firmě Koyo Bearings Česká republika, s.r.o. V úvodní části se nachází stručný výtah teoretických poznatků dané problematiky.

Teoretická část přibližuje proces broušení, kinematiku procesu, jsou zde také popsány kinematické veličiny broušícího procesu a řezné síly. Dále je zaměřena konkrétní fáze obrábění a broušení ložiskových kroužků v dané firmě.

Praktická část se zabývá možnou změnou ve výrobě, která by zefektivnila proces broušení při výrobě obráběcích kroužků ve společnosti Koyo Bearings Česká republika, s.r.o. Společnost vyrábí valivá ložiska a při analýze současného průběhu výroby byly zjištěny nedostatky, jejichž odstraněním by bylo možné zvýšit výnosy společnosti. Experiment, který byl uskutečněn v rámci této práce, poukázal na skutečnost, že současně využívané brusivo není nejvhodnějším brusivem pro zajištění nejefektivnějšího procesu broušení a současně využívá velké skladové kapacity společnosti.

Na základě výsledku experimentu, kde bylo porovnáno současné brusivo a CBN brusivo pro výrobu dvou ložiskových kroužků RA11 AR11 a po podrobném prověření z pohledu řezných podmínek, kvality, ceny by bylo vhodné zvážit níže uvedené změny.

Pro kroužek RA11 měl experiment pozitivní výstup. Z pohledu kvality je zřejmé, že CBN brusivo nemá negativní vliv na měřené parametry, jako jsou kruhovitost, přímost, drsnost povrchu a rozměry daného kroužku. Při porovnání cen jednotlivých broušících kotoučů je jednoznačně méně nákladné CBN brusivo na dávku 90 000 ks. Za brusné kotouče z CBN brusiva by firma zaplatila 53 700 Kč, zatímco současné brusivo firmu stojí 76 788 Kč, což představuje měsíční úsporu 23 088 Kč. Dalším pozitivem je i skutečnost, že firma takto ušetří skladovací místo, které je možné využít pro jiný druh zásob. Zatímco broušících kotoučů ze současného brusiva je nutné skladovat 478 ks každý měsíc, CBN kotoučů postačí 12 ks. Z pohledu časového vytížení má v experimentu taktéž CBN brusivo kladnější výsledky. Pomocí CBN brusiva se 90 000 kusů vyrobí za 504,75 hodin, zatímco broušení pomocí současného brusiva trvá 592,5 hodin. Společnost by tedy ušetřila 87,75 hodin měsíčně. Tento čas se dá využít na další výrobu. Z toho vyplývá, že u kroužku RA11 je doporučen přechod na CBN brusivo od současného dodavatele Hermes Schleifmittel.

O poznání horší výsledek měl výstup experimentu obrábění kroužku AR11. Z pohledu kvality jsou hodnoty stejné u obou typů brusiv. Všechny měřené parametry jako kruhovitost, přímost, drsnost oběžné dráhy a rozměry ložiskového kroužku byly ve specifikaci podle výkresu. Z finančního hlediska je však jednoznačně méně nákladné využití současného brusiva. Za CBN brusivo by firma při měsíční produkci 25 000 ks zaplatila 59 600 Kč, za současné brusivo firma vynaloží náklady ve výši 17 900 Kč. Finanční zátěž by se tedy přechodem na nový typ brusiva zvýšila o 41 700 Kč. Úspora by však připadala v úvahu na skladovacím prostoru. Kotoučů s CBN brusivem stačí 4 ks, ale stávajících kotoučů je zapotřebí 179 ks. Z pohledu času vyplývá, že výroba dávky 25 000 ks broušených CBN brusivem trvá 172,89 hodin a na 25 000 ks broušených stávajícím brusivem potřebuje firma 203,45 hodin, volná kapacita 30,56 hodin by se tedy dala využít jiným způsobem. U kroužku AR11 je tedy na posouzení vedení společnosti, zda by se přechod ze současného brusiva finančně vyplatil. Doporučení by v tomto případě spočívalo v poptávce broušícího kotouče od více dodavatelů a srovnání jednotlivých cen.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KOCMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 270 s. ISBN 80–214–3068–0
- [2] ČSN ISO 3002–2. Základné veličiny pri rezání a brúsení – Část' 5: Základná terminológia brusných operácií používajících brúsiace kotúče, Praha: Český normalizační institut, 1994. 29 s.
- [3] ELUC. *ELUC* [online]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1279>
- [4] Ložisko – Wikipedie. [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Lo%C5%BEisko>
- [5] PRO KONSTRUKTÉRY. 2012. ZKL [online]. [vid. 2015-02-02]. Dostupné z: <http://www.zkl.cz/cs/pro-konstruktery>.
- [6] E-LEARNING VUT: Konstruování strojů – strojní součásti (5KS 14/15Z). 2015. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ [online]. [vid. 2015-02-02]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=151304>.
- [7] Volba valivého ložiska. 2014. MITCalc [online]. [vid. 2015-05-08]. Dostupné z: http://www.mitcalc.cz/doc/help/cz/c_bearing_choice.htm.
- [8] Technologie obrábění: E_OPORY. 2012. Ústav strojírenské technologie [online]. [vid. 2015-02-02]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/dtb/eopory.php>.
- [9] MASLOV, J. N. Teorie broušení kovů. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. 248 s.
- [10] Koyo Bearings Česká republika s.r.o. [online]. © 2016 Koyo Bearings Czech Republic. [cit. 2017-01-29]. Dostupné z: <http://www.koyoBearings.cz/uvod/>
- [11] JTEKT Corporation [online]. © 2006–2017 JTEKT Corporation. [cit. 2017-01-18]. Dostupné z: <http://www.jtekt.co.jp/e/products/bearing.html>
- [12] Vnitropodnikové materiály společnosti Koyo Bearings Česká republika s.r.o.
- [13] STUDÝNKA, Pavel. *Teorie Broušení* [online]. 1. KOYO BEARINGS CZECH REPUBLIC S.R.O. KBCZ, 2017 [cit. 2019-05-05].
- [14] Rothwerk Maxhütte / Germany | atrac(r) by Engels Informatik GmbH. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © 2015 Engels Informatik GmbH [cit. 18.02.2019]. Dostupné z: <https://www.atrac-automation.com/en/references-maxhuetten.html>
- [15] 3M Science. Applied to Life.™ | 3M Česko. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © 3M 2019. Všechna práva vyhrazena [cit. 05.05.2019]. Dostupné z: <https://www.3mcesko.cz/3M/cs/CZ/company-ctl/>
- [16] Hermes Schleifwerkzeuge. *Hermes Schleifwerkzeuge* [online]. Dostupné z: <https://www.hermes-schleifwerkzeuge.com/europe/en.html>
- [17] Czech Republic | Tyrolit. *Czech Republic / Tyrolit* [online]. Dostupné z: <https://www.tyrolit.cz/>
- ELUC. *ELUC* [online]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1279>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
A	[nm ²]	Průřez odebírané vrstvy
D	[mm]	Průměr broušícího kotouče
F _c	[N]	Řezná síla ležící ve směru řezné rychlosti
F _f	[N]	Posuvová síla působící ve směru podélného posuvu
F _p	[N]	Pasivní síla kolmá k broušené ploše
H	[mmv]	Šířka broušícího kotouče
K _c	[MPa]	Měrná řezná síla
L	[mmv]	Délka broušené plochy obrobku
Q _w	[mm ³ .s ⁻¹]	Rychlost odebírání materiálu
U	[-]	Přesah U při broušení do kulata
a _e	[mm]	Pracovní záběr
b _D	[mm]	Šířka aktivní části broušícího kotouče
d	[mm]	Průměr obrobku
d _s	[mm]	Průměr broušícího kotouče
d _w	[mm]	Průměr obrobku
f _a	[mm]	Axiální posuv stolu
f _r	[mm]	Radiální posuv stolu
h	[mm.min ⁻¹]	Přísuv
h _{eq}	[mm]	Ekvivalentní tloušťka broušení
l _g	[mm]	Geometrická délka stolu
l _k	[mm]	Kinematické délka styku
n _s	[min ⁻¹]	Frekvence otáčení broušícího kotouče
n _w	[min ⁻¹]	Frekvence otáčení obrobku
q	[-]	Absolutní hodnota poměru rychlostí
r _{eq}	[mm]	Ekvivalentní délka poloměru broušícího kotouče
r _s	[mm]	Poloměr broušícího kotouče
r _w	[mm]	Poloměr obrobku
v _c	[m.s ⁻¹]	Řezná rychlost
v _{fr}	[m.min ⁻¹]	Radiální rychlost posuvu stolu
v _k	[m.s ⁻¹]	Obvodová rychlost broušícího kotouče
v _{ob}	[m.min ⁻¹]	Obvodová rychlost obrobku
v _s	[mm.min ⁻¹]	Podélný posuv
v _w	[m.min ⁻¹]	Obvodová rychlost obrobku
π	[-]	Matematická konstanta

SEZNAM TABULEK

Tab. 4.1	Nejpoužívanější abraziva.
Tab. 5.1	Materiálový list ocel 14 109.
Tab. 5.2	Objem výroby daného ložiskového kroužku RA11.
Tab. 5.3	Seřizovací plán pro RA11 broušený standartním brusivem.
Tab. 5.4	Seřizovací plán pro RA11 broušený CBN brusivem.
Tab. 5.5	Naměřené hodnoty na ložiskovém kroužku RA11.
Tab. 5.6	Objem výroby daného ložiskového kroužku AR11.
Tab. 5.7	Seřizovací plán pro AR11 broušený standartním brusivem.
Tab. 5.8	Seřizovací plán pro AR11 broušený CBN brusivem.
Tab. 5.9	Naměřené hodnoty na ložiskovém kroužku AR11.
Tab. 6.1	Shrnutí brousicích kotoučů.
Tab. 6.2	Shrnutí dle ceny RA11.
Tab. 6.3	Shrnutí dle ceny AR11.
Tab. 6.4	Časové údaje broušení.
Tab. 6.5	Souhrn dle času.
Tab. 6.6	Ukázka náměrů.

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1.1 a) – Obvodové vnější radiální broušení do kulata, b) – obvodové vnější axiální broušení do kulata.
- Obr. 1.2 Schéma relativních pohybů mezi brousicím kotoučem a obrobkem.
- Obr. 1.3 Rozložení řezných sil při obvodovém axiálním broušením do kulata.
- Obr. 2.1 Typy valivých ložisek. a) kuličkové, b) kuličkové s kosoúhlým stykem, c) naklápěcí kuličkové, d) válečkové, e) jehlové, f) kuželíkové, g) soudečkové, h) toroidní, i) axiální kuličkové, j) axiální válečkové, k) axiální jehlové, l) axiální soudečkové.
- Obr. 2.2 Schéma broušení vnějších válcových ploch s posuvem podél osy obrobku.
- Obr. 3.1 Logo korporace JTEKT.
- Obr. 3.2 Výrobní závod Koyo Bearings Česká republika s.r.o.
- Obr. 3.3 Ocenění a certifikáty KBCZ.
- Obr. 3.4 Pohled na výrobní závod.
- Obr. 4.1. Přehled ložisek.
- Obr. 4.2 Válečkové ložisko.
- Obr. 4.3 Jehličkové ložisko.
- Obr. 4.4 Válečkové ložisko rozklad.
- Obr. 4.5 Přehled výrobních komponentů.
- Obr. 4.6 Broušené plochy.
- Obr. 4.7 Broušení čel horizontální osa vřetene.
- Obr. 4.8 Broušení čel vertikální osa vřetene.
- Obr. 4.9 Broušení vnějších průměrů.
- Obr. 4.10 Směr průchodu broušení.
- Obr. 4.11 Proces vnějšího broušení.
- Obr. 4.12 Broušení vnitřního průměru.
- Obr. 4.13 Druhy broušení na linkách.
- Obr. 4.14 Základní pojmy broušení.
- Obr. 4.15 Struktura broušícího zrna.
- Obr. 4.16 Makro fotografie povrchu broušícího kotouče.
- Obr. 4.17 Makro fotografie třísky.
- Obr. 4.18 Značení kotoučů.
- Obr. 4.19 Druhy brusiv.
- Obr. 4.20 Porezita broušícího kotouče.
- Obr. 4.21 Opotřebení kotouče.
- Obr. 5.1 Vybrané ložiskové kroužky.
- Obr. 5.2 Logo firmy Rohrwerk-maxhuetten.
- Obr. 5.3 Ložiskový kroužek RA11.
- Obr. 5.4 Aplikace ložiskového kroužku RA11.
- Obr. 5.5 Broušící stroj ALS1.
- Obr. 5.6 Pohyby při broušení ložiskového kroužku RA11.
- Obr. 5.7 3D měřidlo Micura.
- Obr. 5.8 Ukázka programu Calypso.
-

-
- Obr. 5.9 Tvar kruhovitosti.
Obr. 5.10 Graf přímosti.
Obr. 5.11 Protokol z 3D měřidla Micura stávající brusivo a).
Obr. 5.12 Protokol z 3D měřidla Micura stávající brusivo b).
Obr. 5.13 Protokol z 3D měřidla Micura CBN brusivo a).
Obr. 5.14 Protokol z 3D měřidla Micura CBN brusivo b).
Obr. 5.15 Ložiskový kroužek NU11.
Obr. 5.16 Aplikace ložiskového kroužku NU11.
Obr. 5.17 Brousicí stroj ARRO.
Obr. 5.18 Pohyby při broušení ložiskového kroužku AR11.
Obr. 5.19 Kruhoměr.
Obr. 5.20 Konturograf.
Obr. 5.21 Drsnoměr.
Obr. 5.22 Náměry kruhovitosti.
Obr. 5.23 Náměry RTA analýzy.
Obr. 5.24 Náměry přímosti oběžné dráhy.
Obr. 5.25 Náměr drsnosti oběžné dráhy.
Obr. 5.26 CBN brusivo.
Obr. 5.27 Logo firmy 3M.
Obr. 5.28 Brousicí kotouč od firmy 3M.
Obr. 5.29 Logo firmy Hermes Schleifmittel.
Obr. 5.30 Brousicí kotouč od firmy Hermes Schleifmittel.
Obr. 5.31 Logo firmy Tytolit.
Obr. 5.32 Brousicí kotouč od firmy Tyrolit.
Obr. 5.33 Logo firmy Hermes Schleifmittel.