

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2010

Bc. Jan Petrás

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Příčiny opotřebení repasovaných převodových skříní s hypoidním soukolím
Bc. Jan Petrás

Diplomová práce
2010

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan PETRÁS**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Kolejová vozidla**
Název tématu: **Příčiny opotřebení repasovaných převodových skříní s hypoidním soukolím.**
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

V práci se zaměřit na objasnění objektivní příčiny vedoucí k poškození repasovaných převodových skříní, oproti skříním, které repasované nejsou a tento problém u nich nevzniká. Jedná se o dlouhodobou problematiku, protože každý zásah do převodové skříně není možné zhodnotit v relativně krátké době. Vypracujte:

1. Model převodovky s identifikací inkriminovaných míst.
2. Všeobecný rozbor kroužků a ložisek (materiál, rozměry, rozsah poškození atp.)
3. Zhodnocení samotného materiálu převodové skříně s ohledem na možnost uvolňování částecek do oleje (možný vliv stárnutí materiálu v součinnosti s olejem). Rozbor provedení a opravy skříně po nástřiku (zejména s ohledem na vhodnost pískování vnitřní části převodové skříně a následného nebezpečí vniknutí těchto částecek do opravené skříně a možnosti vniknutí nanášeného-renovačního materiálu do skříně).
4. Vyhodnocení odebraných vzorků oleje z poškozených převodových skříní a jejich porovnání s olejem z nepoškozených převodových skříní (zaměřit se na přítomnost kovů v oleji). Zhodnocení vhodnosti používání současného oleje a případný návrh kilometrických proběhů mezi výměnou oleje, případné srovnání s jinými DP.
5. Celkové zhodnocení s návrhem opatření a případně technologickým postupem při zpracování a montáži převodových skříní.

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího DP
Rozsah pracovní zprávy: 50-60 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- [1] Popis a údržba mechanických částí předmětných vozidel (interní technická literatura DPMB).
- [2] Interní výkresová dokumentace DPMB.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Chaloupecký
Dopravní podnik města Brna, a.s.

Datum zadání diplomové práce: 26. února 2010
Termín odevzdání diplomové práce: 24. května 2010



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.
vedoucí katedry

dne

Prohlášení autora

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V České Třebové 24.5. 2010

.....

Bc. Jan Petrás

PODĚKOVÁNÍ

Moje poděkování patří především vedoucímu diplomové práce Ing. Tomáši Chaloupeckému, který mi poskytl potřebné materiály, cenné rady a připomínky při zpracování zadaného tématu. Důležité informace a fotografie poskytli pánové Martin Hemzal a Jiří Černý. S rozborů materiálů mi velice pomohla doc. Ing. Eva Schmidová, Ph.D a Ing. Pavel Švanda, Ph.D. S problematikou mechaniky mi ochotně poradil prof. Ing. Rudolf Kaloč, CSc. a doc. Jan Kout, CSc. Rodina mi poskytla klidné zázemí pro moji práci. Oceňuji přístup provozních zaměstnanců dopravních podniků Praha, Ostrava, Plzeň, Most – Litvínov, Olomouc, Košice a zejména zaměstnancům Dopravního podniku města Brna, kteří poskytli cenné informace z provozu. Důležité skutečnosti ohledně provádění renovací nástřikovým kovem mi sdělili zaměstnanci firem DTD FUTURE, s.r.o. a PLASMAMETAL, spol. s.r.o. Všem za to patří velké poděkování.

ANOTACE

Diplomová práce je zaměřena na zjištění příčin opotřebení repasovaných převodových skříní s hypoidním soukolím u tramvají koncepce ČKD v provozních podmínkách Dopravního podniku města Brna. Zabývá se rozbohem částí převodovky, použitým materiálem, mazivem a možným poškozením.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tramvaj, ČKD, hypoidní soukolí, nápravová převodovka,

TITLE

Causes of wear of a hypoid axle gearbox after repasion.

ANNOTATION

The thesis is concerned with determining the cause of wear of an axle gearbox after repasion at ČKD trams of the Brno City Public Transport. It deals with parts of the gearbox, their damage, used materials and lubricants.

KEYWORDS

Tram, ČKD, hypoid gear, axle gearbox

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 7
---	-----------------	----------

1.	Úvod	9
2.	Popis nápravové převodovky s hypoidním soukolím.....	10
2.1.	Hypoidní soukolí.....	10
2.2.	Rozdělení převodovek podle vazby k rámu podvozku	12
2.2.1.	<i>Pevná vazba převodovky a rámu podvozku</i>	<i>14</i>
2.2.2.	<i>Primární vypružení ve vazbě na rám podvozku.....</i>	<i>14</i>
2.3.	Jednostupňová nápravová převodovka tramvaje – popis	15
3.	Silový rozbor převodovky	21
3.1.	Silový rozbor na hypoidním soukolí.....	21
3.1.1.	<i>Směr vinutí šroubovice a směr rotace soukolí.....</i>	<i>21</i>
3.1.2.	<i>Úhel stoupání šroubovice</i>	<i>23</i>
3.1.3.	<i>Tangenciální síla</i>	<i>24</i>
3.1.4.	<i>Axiální síla</i>	<i>24</i>
3.1.5.	<i>Radiální síla.....</i>	<i>25</i>
3.1.6.	<i>Výsledné silové působení v soukolí.....</i>	<i>25</i>
3.2.	Silové účinky převodovky na nápravu	26
3.3.	Vliv nepřesného výškového uložení podpor	28
3.4.	Vyhodnocení výsledků	30
4.	Popis opotřebení a údržba nápravových převodovek	31
4.1.	Vznik opotřebení	31
4.2.	Údržbové zásahy do převodové skříně během provozu	32
4.2.1.	<i>Denní ošetření (DO) [denně – maximálně 500 km]</i>	<i>32</i>
4.2.2.	<i>Kontrolní prohlídka (KP) [6 000 km +500 km/-1000 km].....</i>	<i>32</i>
4.2.3.	<i>Střední prohlídka (SP) [90 000 km ±10 000 km].....</i>	<i>33</i>
4.2.4.	<i>Velká prohlídka (VP) [cca 270 000 km]</i>	<i>33</i>
4.2.5.	<i>Generální oprava (GO) [cca 600 000 km].....</i>	<i>33</i>
4.3.	Kontrola záběru zubů a vůle v ozubení	34
4.3.1.	<i>Kontrola sběrače elektrického proudu</i>	<i>35</i>
4.4.	Opotřebení převodovek u jiných DP.....	36
5.	Repasování nápravových převodovek	37
5.1.1.	<i>Renovace metodou žárového nástřiku</i>	<i>37</i>
6.	Oleřová náplň převodových skříní	39
6.1.	Způsob mazání nápravové převodovky	39
6.2.	Specifikace převodových olejů	39
6.2.1.	<i>Viskozita (SAE).....</i>	<i>40</i>
6.2.2.	<i>Výkonnostní kategorie (API).....</i>	<i>40</i>

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 8
---	-----------------	----------

6.3.	Používané oleje.....	41
6.3.1.	<i>Olej Mogul Trans 90 HT</i>	41
6.3.2.	<i>Olej Mogul Intrans 220</i>	41
6.3.3.	<i>Olej 85W – 140</i>	41
6.3.4.	<i>Olej Castrol Optimol Optigear BM 460</i>	42
6.3.5.	<i>Olej PP 90H</i>	42
6.4.	Srovnání km proběhů mezi výměnami oleje u ostatních DP	42
6.5.	Rozbory olejových náplní	43
6.5.1.	<i>Atomová absorpční spektrometrie (AAS)</i>	44
6.5.2.	<i>Optická emisní spektrometrie (ICP)</i>	44
6.6.	Výsledky rozborů olejových náplní	44
6.7.	Kilometrické proběhy mezi výměnou oleje	45
7.	Rozbory materiálů	46
7.1.	Rozbor nástřikové hmoty	46
7.2.	Rozbor mazacího kroužku pastorku.....	48
7.2.1.	<i>Abrazivní opotřebení</i>	49
7.3.	Rozbory písků	50
7.4.	Rozbor materiálu převodové skříně	51
8.	Nátěry převodových skříní	53
8.1.	Nátěr C2121 (NICEL).....	53
8.2.	Nátěr Balakryl Disodol (V 2060).....	53
9.	Řešení problematiky opotřebení	54
9.1.	Zamezení vniknutí písku do skříní převodovek	54
9.2.	Obrobení dílů skříně a výroba pouzdra	55
9.3.	Aplikace lepidla Loctite 660.....	55
10.	Závěr	56
11.	Seznam použité literatury	57
12.	Seznam příloh	60

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 9
---	-----------------	----------

1. Úvod

Problém s nadměrným opotřebením vznikl na tramvajích Dopravního podniku města Brna, a.s. (dále jen DPMB, a.s.) osazených repasovanými převodovými skříněmi s hypoidním soukolím. Repasované převodové skříně se oproti novým skříním liší prováděním nástřiků materiálu v místech uložení ložisek. Tato místa jsou po předchozím provozu značně opotřebená. Z ekonomického hlediska byly repase zavedeny až od roku 2007. Od tohoto roku jsou tyto repasované převodové skříně nasazovány na vozidla. Všechny nápravové převodovky ovšem nejsou repasované, osazují se i nové. Proto na vozidlech může být i jejich kombinace.

Problém s nadměrným opotřebením se projevil až teprve, když první repasovaná nápravová převodovka přišla do Ústřední dílen v Medlánkách (dále jen ÚD Medlánský) na druhou střední prohlídku (2.SP – tj. cca 180 000 km) v srpnu 2009. Bylo zjištěno, že na pastorku jsou značné vůle. Po demontáži převodovky bylo objeveno značné opotřebení mazacího kroužku umístěného mezi ložisky. Mazací kroužek je opatřen vybráním pro možnost mazání přilehlých ložisek. Došlo také k poškození samotných ložisek, protože bylo zjištěno nadměrné opotřebení povrchu válečků ložisek. Vůle vzniklé opotřebením mají negativní vliv na celé osazení soukolí pastorku a talířového kola. Tím dochází k velkým škodám. Zjištěný jev byl považován za anomálii. Ovšem jen do té doby, než přišla další repasovaná převodovka do druhé SP se stejnými problémy.

Převodové skříně tohoto typu se používají vesměs na všech tramvajových vozech DPMB, a.s., kromě vozů typu 13T, LTM 10.08.1., KT8D5 a dále u vlečných vozů VV 60 LF. Shodné převodové skříně se používají i na nově rekonstruovaných vozech typu Vario LFR.E a Vario LF2R.E.

Cílem této práce je nalezení objektivní příčiny vedoucí k poškození repasovaných převodových skříní, oproti skříním, které repasované nejsou a tento problém u nich nevzniká. Jedná se o dlouhodobou problematiku, protože každý zásah do převodové skříně se nemůže zhodnotit v relativně krátké době.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 10
---	-----------------	-----------

2. Popis nápravové převodovky s hypoidním soukolím

2.1. Hypoidní soukolí

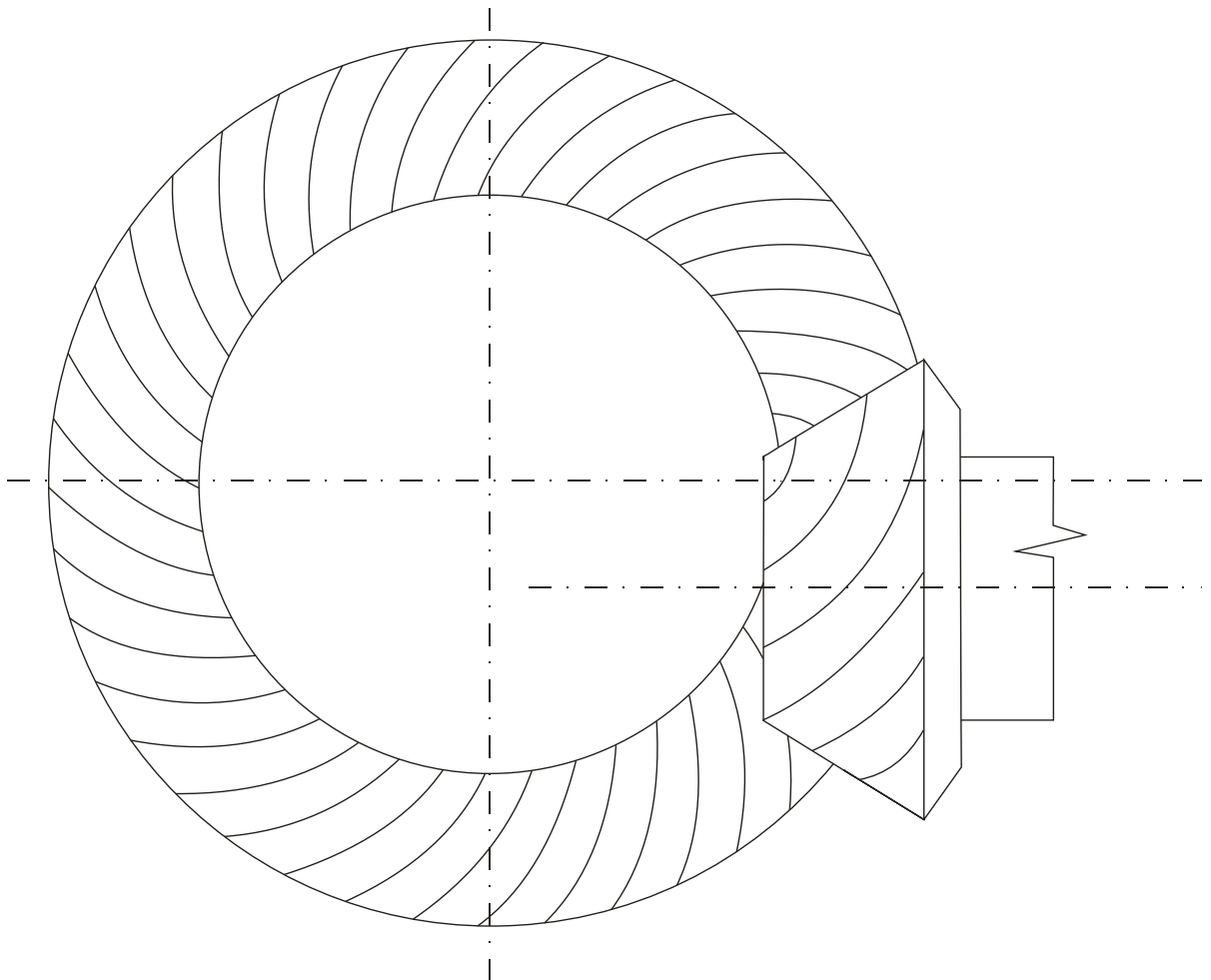
Použití hypoidních převodů je známé již od 40. let, 20. století. Kuželová hypoidní soukolí se používají v mnoha technických produktech. Jejich aplikace na dopravní prostředky je však více rozšířena u vozidel silničních než kolejových. I přesto tento konstrukční celek zakotvil například v koncepci nápravových převodovek tramvají vyráběných v ČKD Tatra a od nich odvozených tramvajových vozů.

Hypoidní soukolí spadají v rozdělení ozubených převodů do kategorie kuželových šroubovitých soukolí s mimoběžnou osou rotace, která může být přesazena kladně (směrem dolů) nebo záporně (směrem nahoru), vždy maximálně do 20% průměru talířového kola. Nejčastěji se u hypoidních převodů používají zakřivené zuby, které lze rozdělit podle polohy patního a hlavového kužele na proměnlivé a konstantní. Dále potom podle tvaru řídicí křivky zubu na přímé, šikmé, kruhové, paloidní, eloidní a cyklopaloidní [10].

Největší nevýhodou hypoidních soukolí je jejich nižší účinnost, která klesá s rostoucím převodovým poměrem. Dále je nutné zajistit velmi kvalitní mazání převodu speciálním olejem. I přesto mají hypoidní převody spoustu předností:

- vysoký stupeň překrytí tím, že je několik zubů současně v záběru,
- odolnost vůči elastické deformaci ozubených kol, hřídelí a ložisek,
- obloukové zuby jsou odolnější vůči ohybu než přímé nebo šikmé zuby,
- zatížení se nesoustřeďuje na konce zubů díky vypouklému sezení zubů,
- velmi měkký přenos pohybu i u rychloběžných pohonů a při vysokém zatížení,
- tlumení hluku i vibrací při vysokých obvodových rychlostech,
- tichý a plynulý chod,
- soukolí lze plnohodnotně použít v libovolném směru otáčení,
- přenos vyššího točivého momentu a výkonu,
- dosažitelný vyšší převodový poměr (až max. 10, běžně 7),
- větší rozměry pastorku při malém počtu zubů,
- snížení oteplování převodovky (úzce souvisí s účinností).

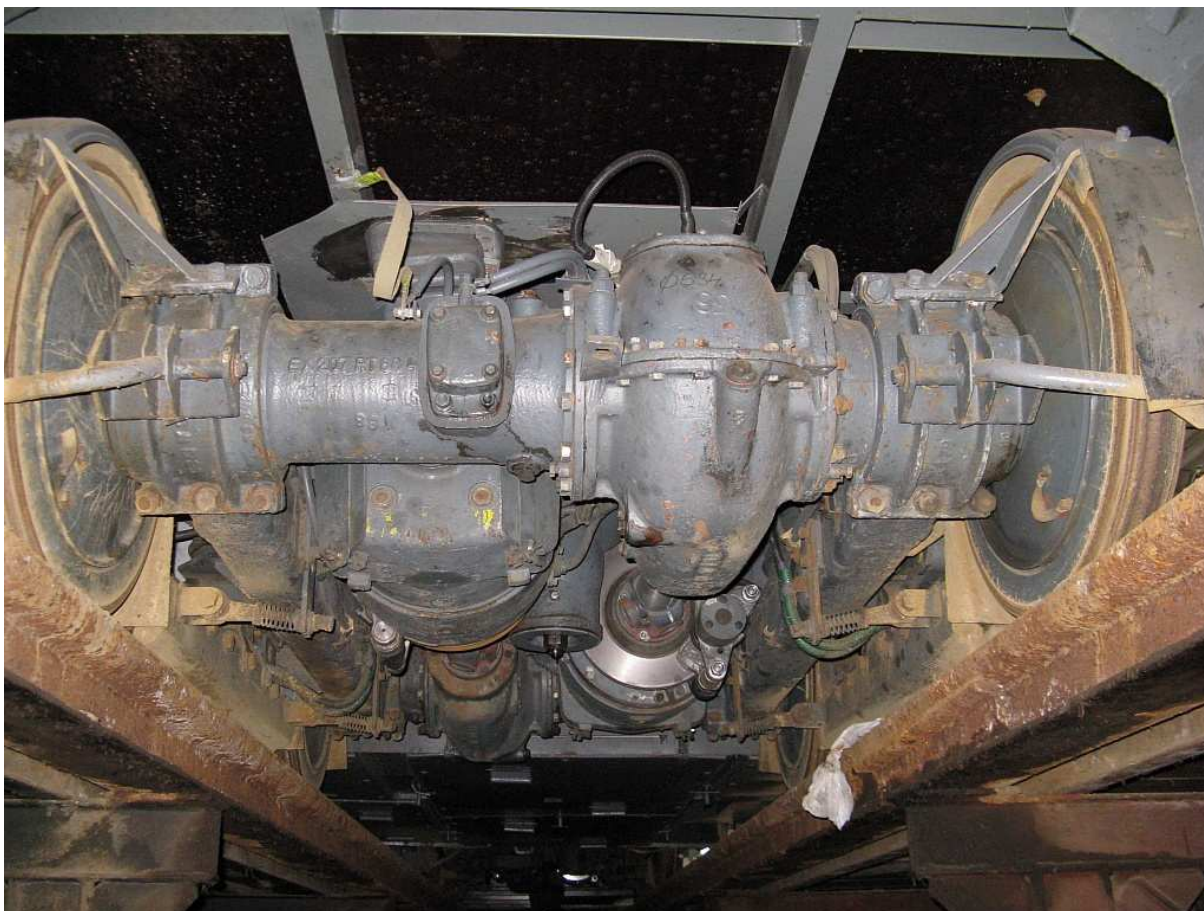
Limitujícím členem pevnosti soukolí je pastorek, protože čím větší převod má mít soukolí, tím větší musí být průměr talířového kola, nemá-li se pastorek dále zmenšovat. Průměr talířového kola bývá většinou omezen velikostí konstrukčního prostoru, daného směrem dolů obrysem pro vozidla a směrem nahoru světlostí vozidla. Zvýšení výkonu motoru znamená též větší zatížení soukolí. Dalším důležitým faktorem majícím vliv na namáhání soukolí je způsob jeho uložení. Existují tři způsoby uložení: letmo uložená obě kola, letmo uložené jedno kolo a oboustranně uložené soukolí. U tramvajové nápravové převodovky je použito letmo uložené jedno kolo – pastorek, náprava je uložena oboustranně. Do převodového poměru 4,0 nepřináší oboustranné uložení žádanou velkou výhodou, od převodu 4,0 by se mělo uvažovat o oboustranném uložení. Naopak u převodových poměrů menších jako 2,0 nepřináší použití hypoidního soukolí žádné výhody oproti běžnému kuželovému soukolí, kromě větší tichosti chodu [4].



Obr. 1 Hypoidní soukolí s kladným přesazením os (tramvajová převodovka)

2.2. Rozdělení převodovek podle vazby k rámu podvozku

Skříně jednostupňových nápravových převodovek, kterými se zabývá tato práce jsou v DPMB, a.s. použity u tramvají typů (respektive jejich podtypů) T3, K2, K3R-N, T6A5, Vario LFR.E a Vario LF2R.E. Existuje ještě řešení s dvoustupňovou nápravovou převodovkou (u vozů KT8D5). To však není předmětem této práce. Ve všech případech jde o shodné nebo téměř shodné skříně jednostupňových nápravových převodovek. Vyskytují se drobné konstrukční odlišnosti v podobě úprav výpustních otvorů a zvětšení prostoru pod měrkou oleje, avšak základní rozměry skříní jsou vždy naprosto totožné. Skříně převodovek se odlišují především ve způsobu vazby k rámu podvozku. Existuje dvojí řešení hnacích dvounápravových otočných podvozků. Starší řešení je s pevnou vazbou k rámu a novější s primárním vypružením ve vazbě na rám podvozku (kyvné rameno či Meggi prvky). V tabulce (**Tab. 1**) je uveden počet tramvajových vozů u DPMB, a.s. podle způsobu vazby k rámu (vedení dvojkolí) a převodového stupně (PS) převodovky. V kategorii ostatní jsou vozy od firmy Škody Transportation, dále RT6N1 a vlečné vozy VV60LF [7] [31].

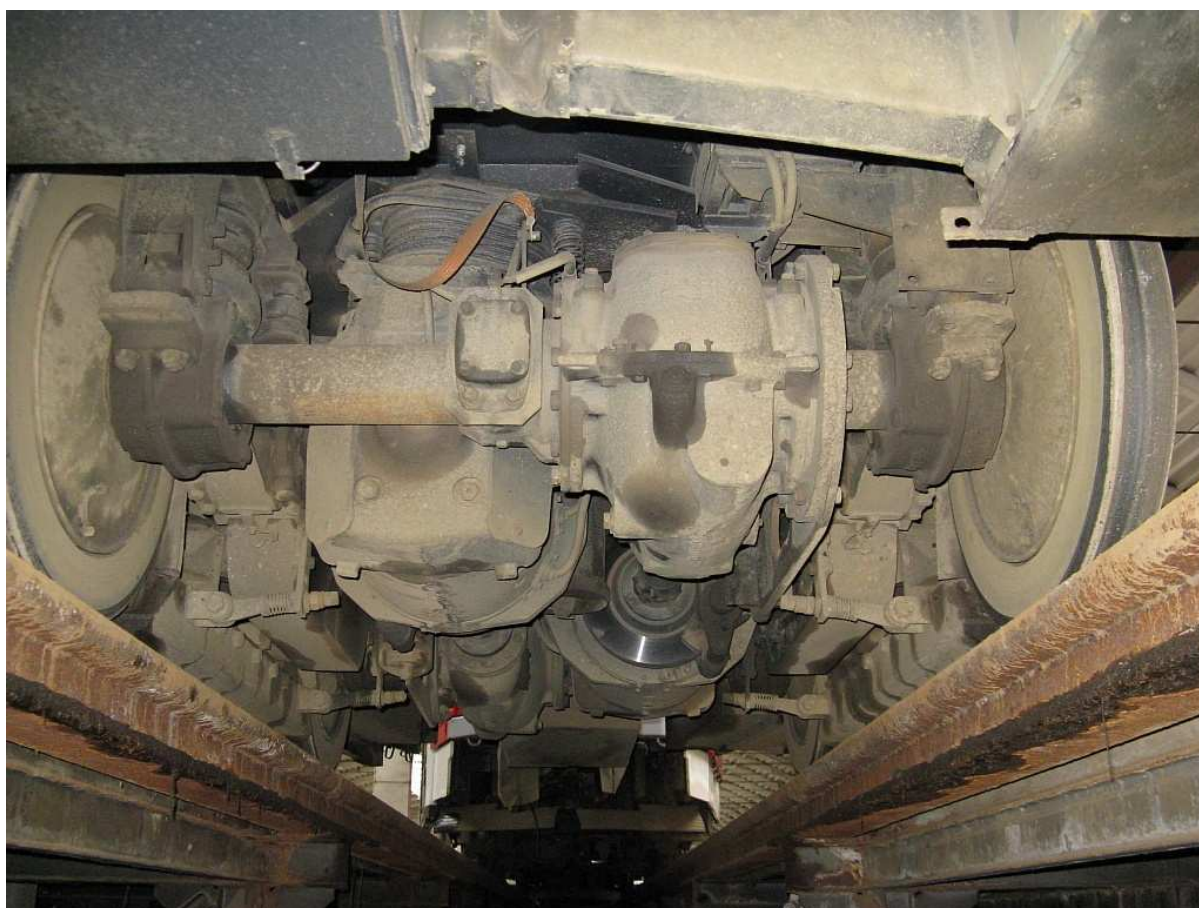
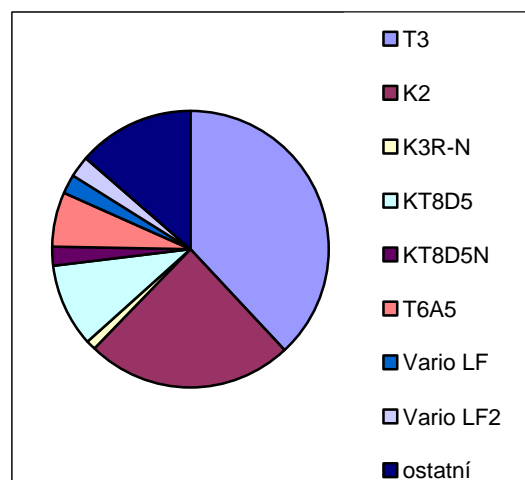


Obr. 2 Pevná vazba převodovky a rámu podvozku tramvaje typu K3R-N (1754)

[foto: Martin Hemzal]

Tab. 1 Přehled tramvajových vozů u DPMB, a.s. [16]

vůz	vedení dvojkolí	PS	počet
T3	pevné	1	121
K2	pevné	1	76
K3R-N	pevné	1	4
KT8D5	pevné	2	31
KT8D5N	kyvné rameno	1	7
T6A5	kyvné rameno	1	20
Vario LF	Meggi prvky	1	7
Vario LF2	Meggi prvky	1	8
ostatní	-	-	43
Celkový počet tramvají DPMB			317
Vozy s jednot. převodovkou			243



Obr. 3 Vedení dvojkolí kyvným ramenem u vozu T6A5 (1203), vpravo mezi kolem a převodovkou je patrná torzní vzpěra [foto: Martin Hemzal]

2.2.1. Pevná vazba převodovky a rámu podvozku

Podvozek původní koncepce ČKD Tatra použitý u tramvají T3, K2, K3R-N a KT8D5 s pevným spojením nápravové převodovky s podélníkem rámu podvozku (ve tvaru L) bez primárního vypružení a pevným vedením dvojkolím (**Obr. 2**). Podélník tvoří převodovce reakční rameno, které je opřené o nápravovou převodovku druhého dvojkolí. Použitý tvar ozubení je Gleason [8].



Obr. 4 Vedení dvojkolí Meggi prvky u vozu Vario LF (1554) [foto: Martin Hemzal]

2.2.2. Primární vypružení ve vazbě na rám podvozku

Rám podvozku je sestavený ze dvou kloubově spojených půlrámů tvaru nepravidelného písmene „T“. Primární vypružení umožňuje kyvné rameno společně s vinutou pružinou u tramvají T6A5 a KT8D5N. U podvozků s obchodním názvem Komfort je primární vypružení a vedení dvojkolí realizováno pryžokovovými prvky Meggi. Tyto podvozky stále nabízí ve svém výrobním programu firma Pragoimex, jako náhradu dříve užívaných podvozků s pevným rámem. U DPMB, a.s. je podvozek Komfort použit pouze na rekonstruovaných tramvajích Vario LFR.E a VarioLF2.E. Díky absenci pevné vazby nápravy a rámu podvozku je v obou

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 15
---	-----------------	-----------

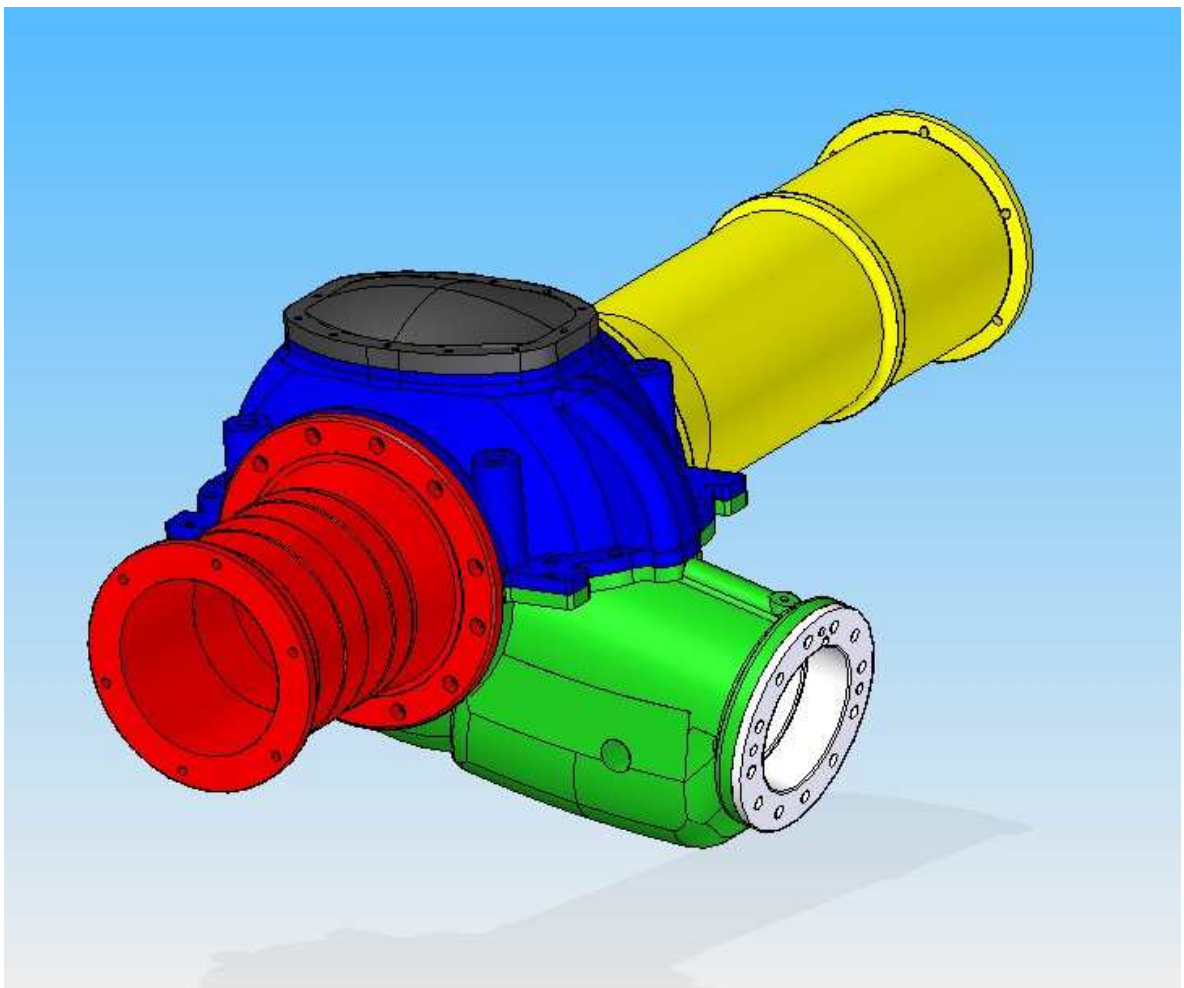
případech pro zachycení reakčního ramene nápravové převodovky instalována torzní vzpěra (**Obr. 7**), která přímo spojuje rám podvozku s částí převodové skříně, jak je vidět na (**Obr. 3**) a také na (**Obr. 4**) vpravo od převodové skříně. Tvar ozubení je zde vzhledem k vyššímu přenášenému momentu voleno cyklopaloidní typu Klingelberg [20] [29].

2.3. Jednostupňová nápravová převodovka tramvaje – popis

Následující popis se bude odvolávat na výkresovou dokumentaci převodovky uvedenou v příloze této práce (**Příloha 1**) a (**Příloha 2**), uváděny jsou jednotlivé výkresové pozice (dále označovány zkráceně jako poz. s číslem daného dílu). Kusovník součástí není k výkresu připojen a nahrazuje jej následující popis. Číslování pozic jednotlivých dílů je voleno s ohledem na snadný popis a nezahrnuje přesný výčet drobnějších dílů (např. spojovací materiál). Drobné konstrukční odlišnosti převodovek jsou uvedeny v popisu. Schematický model základních dílů převodovky je na (**Obr. 5**). Na každém podvozku jsou dvě nápravové převodovky. Slouží k přenosu kroutícího momentu trakčního motoru na nápravu (**Obr. 6**) za pomoci kloubového hřídele.

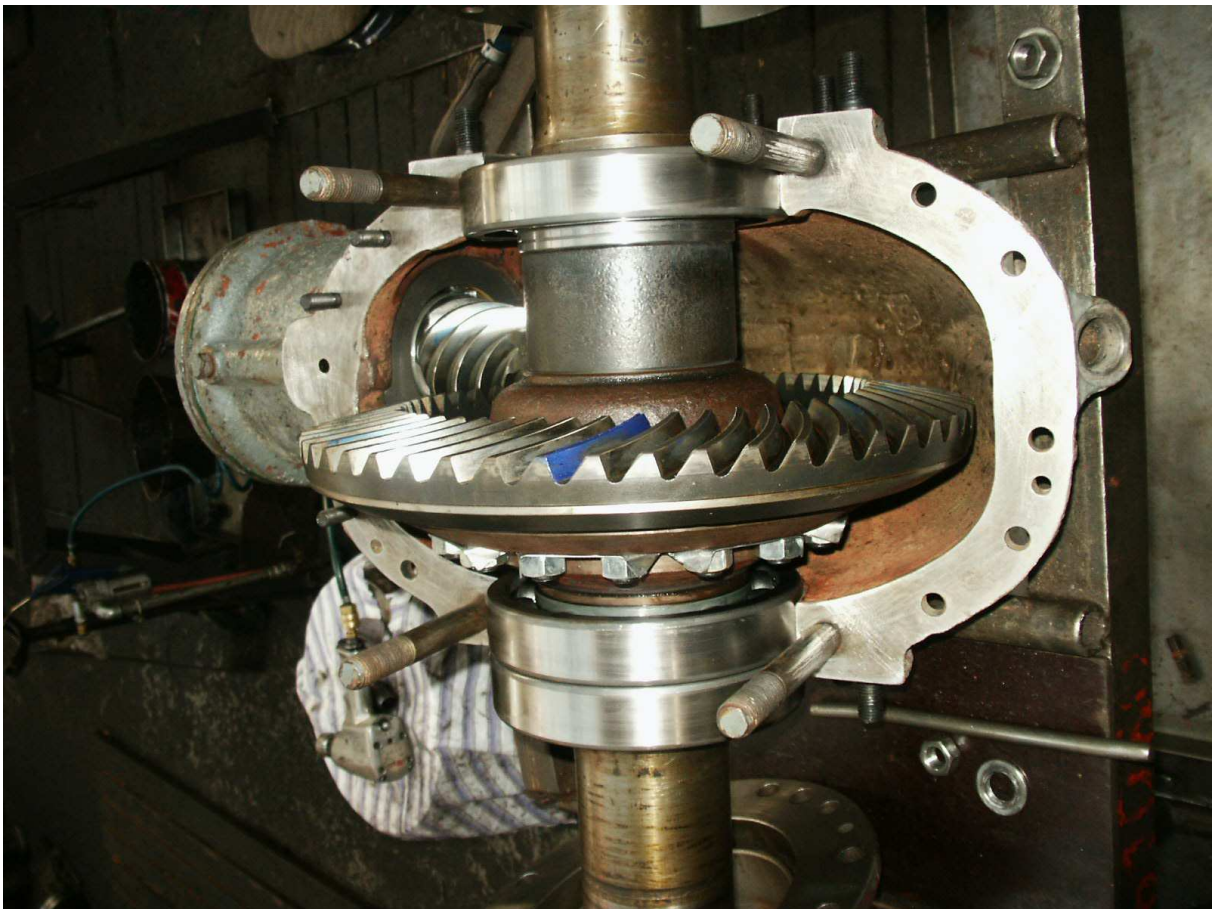
Převodovka s hypoidním soukolím je opatřena párem kuželových hypoidních ozubených kol s 52 zuby na talířovém kole (**poz. 2**) a sedmi zuby na pastorku (**poz. 1**). Převodový poměr má hodnotu 7,43. Přípustné otáčky na vstupním hřídeli převodovky jsou trvale 3000 min^{-1} , přechodně až 4000 min^{-1} . Soukolí hypoidní převodovky má ozubení typu Gleason nebo Kleingelberg (u typu Vario). Ozubená kola tohoto soukolí – pastorek (**poz. 1**) a talířové kolo (**poz. 2**) jsou ve stálém záběru. Osa pastorku a osa talířového kola jsou mimoběžné, osa pastorku leží pod osou talířového kola ve vzdálenosti 44,45 mm (kladný směr přesazení os). Pastorek (**poz. 1**) a talířové kolo (**poz. 2**) jsou vyrobeny jako výkovek z oceli 16 420.4, povrch zubů je cementován (cementační vrstva 0,8 až 1 mm). Střední část skříně převodovky se skládá z horní (**poz. 4**) a dolní (**poz. 5**) části převodovky, oba díly jsou vyrobeny z oceli na odlitky 42 2710.1 a jsou k sobě spojeny čtrnácti šrouby nestejného průměru a délky. Skříní převodovky prochází náprava (**poz. 3**), která je vyrobena z oceli 15 230.9. Pastorek (**poz. 1**) je uložen v dolní části převodovky (**poz. 5**) letmo. Dělicí rovina mezi horní (**poz. 4**) a dolní (**poz. 5**) částí převodovky je s ohledem na mimoběžnost os ozubených kol šikmá a prochází osou talířového kola. Na horní části převodovky (**poz. 4**) je přišroubováno dvanácti šrouby (M8) oválné kontrolní víko (**poz. 6**) pro kontrolu ozubení soukolí, zhotovené z šedé litiny 42 2424. Odvzdušňovací šroub (**poz. 7**) není instalován u všech převodových skříní. Na

kontrolním oválném víku (**poz. 6**) je vyvrtán otvor se závitem, do kterého je na první nápravě ve směru jízdy našroubován magnetický vysílač MIG 1623-11 soupravy MESSMA, případně MESIT (dnes převládá). Čidlo snímá změnu frekvence otáček zubů talířového kola. Jinak je tento otvor uzavřen zátkou (M18 x 1,5) (**poz. 10**). Na dolní části převodovky (**poz. 5**) je výpustní otvor oleje s magnetickou zátkou (**poz. 8**) a zátka s měrkou (**poz. 9**), pro kontrolu hladiny oleje. Na dolní část převodovky (**poz. 5**) je možné přišroubovat topné těleso pro přehřev oleje, které se dodává na přání zákazníka. V případě DPMB, a.s. není topné těleso instalováno. U převodovek, které nemají topné těleso je otvor zakryt utěsněným víkem (**poz. 11**). Některé převodovky (starší typy) nemají vůbec možnost instalace topného tělesa přehřevu oleje, proto je část kolem (**poz. 11**), kterou starší převodovky nemají, vyznačena jen čárkovaně. Ve střední části je skříň převodovky uložena na nápravu (**poz. 3**) prostřednictvím třech kuličkových jednořadých ložisek typu 6222 (**poz. 12**). Vpravo jsou umístěna dva kusy těchto ložisek a vlevo jen jedno.



Obr. 5 Schematický 3D model částí převodovky, zeleně - dolní část, modře – horní část, červeně – levá část, žlutě – pravá část, černě – horní víko a bíle - pouzdro

Na střední část převodovky je dvanácti šrouby (M16 x 35) z obou stran připevněna pravá (**poz. 13**) a levá (**poz. 14**) část převodové skříně (tzv. nohavice) vyrobené z oceli na odlitky 42 2661.1. V případě potřeby se mezi ložisko (**poz. 12**) a pravou (**poz. 13**) či levou (**poz. 14**) část převodové skříně vkládají vyrovnávací podložky (lze kombinovat tloušťky od 0,2 až po 1 mm), které nejsou na přiloženém výkrese zobrazeny. Řešení s (tzv. nohavicemi) se vyskytuje pouze u pevné vazby k rámu. V případě aplikace primárního vypružení do vazby k rámu podvozku je střední část skříně na levé straně utěsněna víkem, které je přišroubováno dvanácti šrouby, z nichž deset slouží pro přišroubování torzní vzpěry a labyrintového těsnění. Na nápravě je nalisovaný náboj (**poz. 15**) ke kterému je šestnácti šrouby (M16) připevněno talířové kolo (**poz. 2**). Vzájemná poloha levého ložiska (**poz. 12**) a náboje (**poz. 15**) je vymezena distanční trubkou (**poz. 16**). Na pravé části (**poz. 13**) je umístěný izolovaný sběrač elektrického proudu (**poz. 17**). Uvnitř je sběrací uhlík (**poz. 18**), který je přitlačován k bronzovému sběracímu kroužku (**poz. 19**) nalisovanému na nápravě (**poz. 3**).



Obr. 6 Pohled na sestavu talířového kola, pastorku a dolní části skříně nápravové převodovky s ložiskováním na nápravě

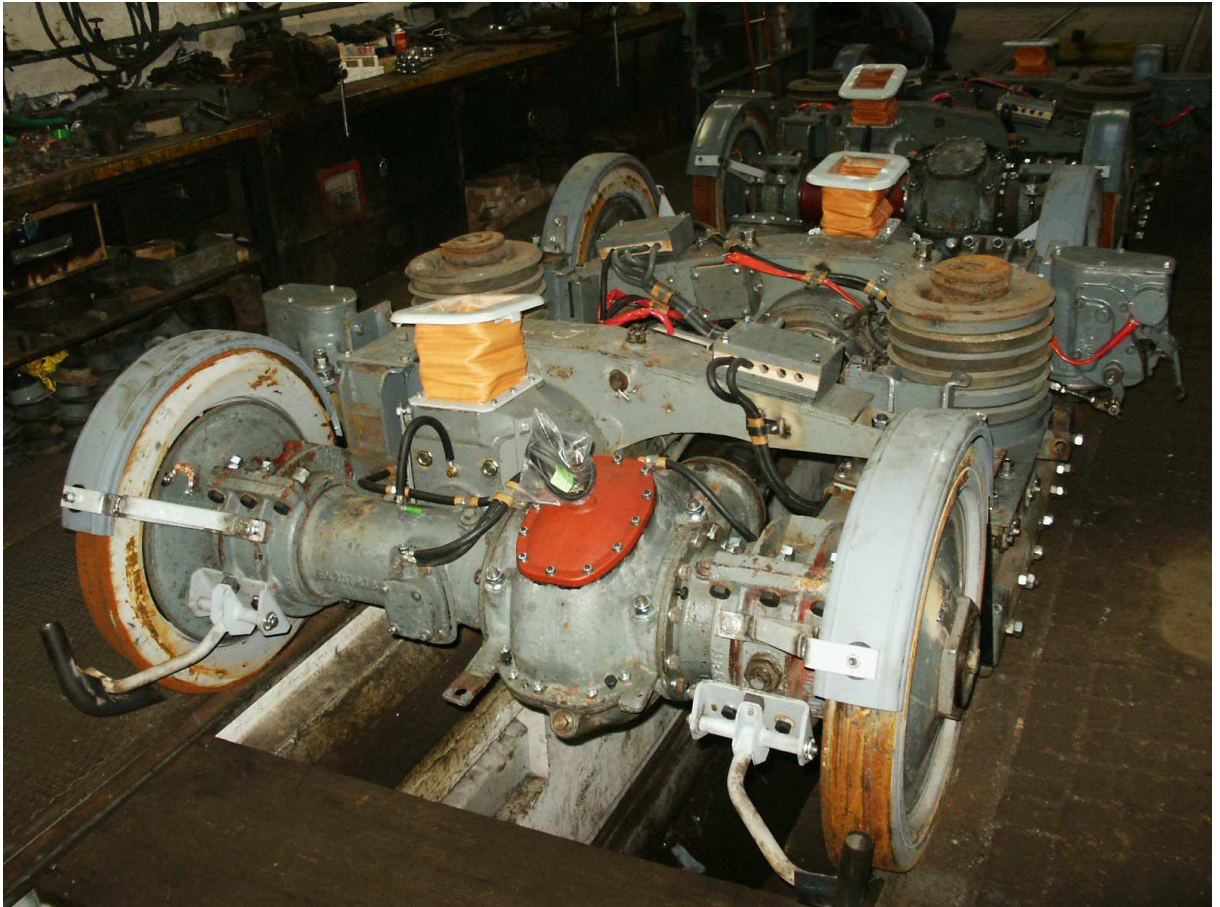


Obr. 7 Pohled zespodu na dolní část skříňe převodovky s torzní vzpěrou (vůz Vario)

[foto: Jiří Černý]

Přes tento sběrač, nápravu, kola a kolejnice je uzavřen elektrický obvod trakčních motorů. U verze s primárním vypružením ve vazbě na rám je za sběračem pravá část převodovky ukončena a utěsněna labyrintovým těsněním. Dále je ve skříni sběrače umístěna zátka uzavírající otvor pro vypouštění oleje, který může případně propouštět labyrintové těsnění.

U verze s pevnou vazbou k rámu je na konci pravé (**poz. 13**) i levé (**poz. 14**) části převodovky umístěna soudečková dvouřadá ložiska typu 23 220 (**poz. 20**). Ze strany kol jsou obě části převodové skříňe utěsněny víkem (**poz. 21**), které dosedá na prsten labyrintového těsnění (**poz. 22**). Mezi víkem (**poz. 21**) a dvouřadým soudečkovým ložiskem (**poz. 20**) je odstříkovací kroužek (**poz. 23**). Pastorek (**poz. 1**), který je v záběru s talířovým kolem (**poz. 2**), je uložen ve dvou válečkových ložiskách (**poz. 24**) typ NU 2315 a (**poz. 25**) typ NU 412, která zachycují radiální síly a v páru kuželíkových ložisek typu 31313 (**poz. 26**), která zachycují axiální síly. Mezi obě kuželíková ložiska (**poz. 26**) je umístěn vnější rozpěrný kroužek (**poz. 27**), který není ve výrobní dokumentaci uveden, ale v praxi se tam umísťuje.



Obr. 8 Pohled shora na podvozek s pevnou vazbou k rámu

Kuželíková ložiska (**poz. 26**) a krajní válečkové ložisko (**poz. 25**) jsou v dolní části převodovky uloženy v pouzdru (**poz. 28**). Kuželíková ložiska jsou v pouzdru uložena s radiální vůlí a proti otáčení jsou vnější kroužky ložisek zajištěny O-kroužky (**poz. 29**). Mezi válečkovým ložiskem (**poz. 25**) a krajní kuželíkovým ložiskem (**poz. 26**) jsou kroužky, vnitřní (**poz. 30**) a vnější (**poz. 31**). Vnější kroužek (**poz. 31**) má vybrání, kterým protéká do ložisek olej. Válečkové ložisko (**poz. 24**) je v dolní části převodovky uloženo svým vnějším kroužkem.

Mezi válečkovým ložiskem (**poz. 24**) a vnitřním kuželíkovým ložiskem (**poz. 26**) je umístěno na pastorku (**poz. 1**) kolo se speciálním ozubením (**poz. 32**) tachovalternátoru a vysílače (**poz. 33**). Dnes se tachovalternátor (**poz. 33**) do sestavy převodovky nemontuje. Speciální ozubené kolo (**poz. 32**) zde z montážních důvodů zůstává, ale již neplní svou funkci. Utěsnění pastorku je provedeno víkem s labyrintovým těsněním (**poz. 34**) a ostříkovacím kroužkem (**poz. 35**). Mezi víko s labyrintovým těsněním (**poz. 34**) a válečkové ložisko (**poz. 25**) se vkládají pro správné vymezení vůlí oválné kroužky (**poz. 36**) o potřebné tloušťce (lze kombinovat

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 20
---	-----------------	-----------

tloušťky od 0,2 až po 1 mm). Na konci pastorku je příruba ke kardanovému hřídeli (**poz. 37**) vyrobená z materiálu 14 220.6. Uložení pastorku i náboje jsou zajištěny maticí (**poz. 38**), pojistkou (**poz. 39**) a šroubem s podložkou (**poz. 40**). Nad pastorkem je v odlitku horní části převodovky (**poz. 4**) olejový sběrač. Z tohoto sběrače je olej veden vrtaným otvorem, v dolní části převodovky (**poz. 5**), kolem uzavíracího šroubu s krycí maticí (**poz. 41**) k mazacímu kroužku (**poz. 31**). Vrtanými otvory v dolní části převodovky (**poz. 5**) se olej vrací zpět do olejové vany [12] [13].

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 21
---	-----------------	-----------

3. Silový rozbor převodovky

V této části práce je proveden výpočet zatížení nápravy od silových účinků nápravové převodovky.

3.1. Silový rozbor na hypoidním soukolí

Mezi kuželová soukolí se zakřivenými zuby patří spirální ozubení Gleason a cyklopaloidní ozubení Klingelberg. U tramvají koncepce ČKD je nejčastěji použito spirální ozubení Gleason, pouze na rekonstruovaných tramvajích Vario LF a Vario LF2 je použito cyklopaloidní ozubení Klingelberg. Zatímco u ozubení Gleason se površky hlavového, roztečného a patního kužele protínají nejčastěji ve společném vrcholu roztečných kuželů. U ozubení Klingelberg jsou vždy rovnoběžné a ozubení má po celé délce stejnou výšku. Výpočet bude prováděn pro převodovku s použitým ozubením Gleason. Kuželové soukolí se zakřivenými zuby se používá převážně pro převod do pomala, kdy je hnacím členem pastorek [2].

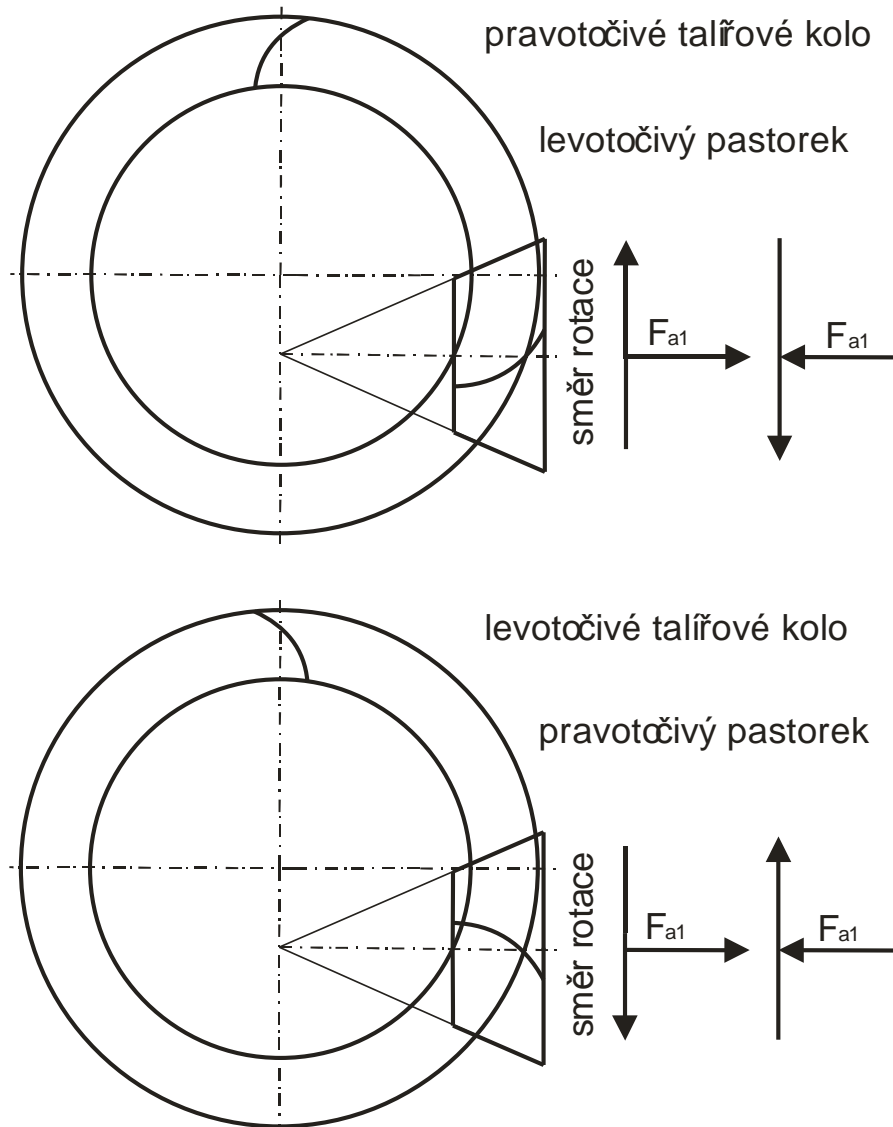
Normálová síla na površích zubů kuželových nebo hypoidních soukolí může být rozložena do dvou směrů. Ve směru podél os soukolí a ostatní kolmo na osy. Osová síla způsobuje axiální zatížení ložisek a síly kolmé na osu způsobují radiální zatížení ložisek. Směr a síla normálového zatížení závisí na převodovém poměru, úhlu záběru ozubených kol, úhlu stoupání šroubovice, smysl vinutí šroubovice, směru rotace soukolí a zda se jedná v soukolí o hnací nebo hnané.

Normálový úhel záběru kuželového ozubení se zakřivenými zuby bývá nejčastěji $\alpha_n=20^\circ$ (platí u ozubení Gleason), může se však pohybovat v rozsahu $14,5^\circ$ až 25° . Přitom se menší úhly záběru používají pro méně namáhaná, větší úhly pro více namáhaná soukolí. V takovém případě se volí smysl sklonu zubů podle převládajícího smyslu otáčení za provozu tak, aby axiální síla směřovala do ložisek pastorku a zakřivení zubů se volí tak, aby pastorek zabíral s kolem vydutým bokem. Přitom axiální síla na kolo je stejně veliká jako radiální síla pastorku a radiální síla kola odpovídá axiální síle pastorku [3].

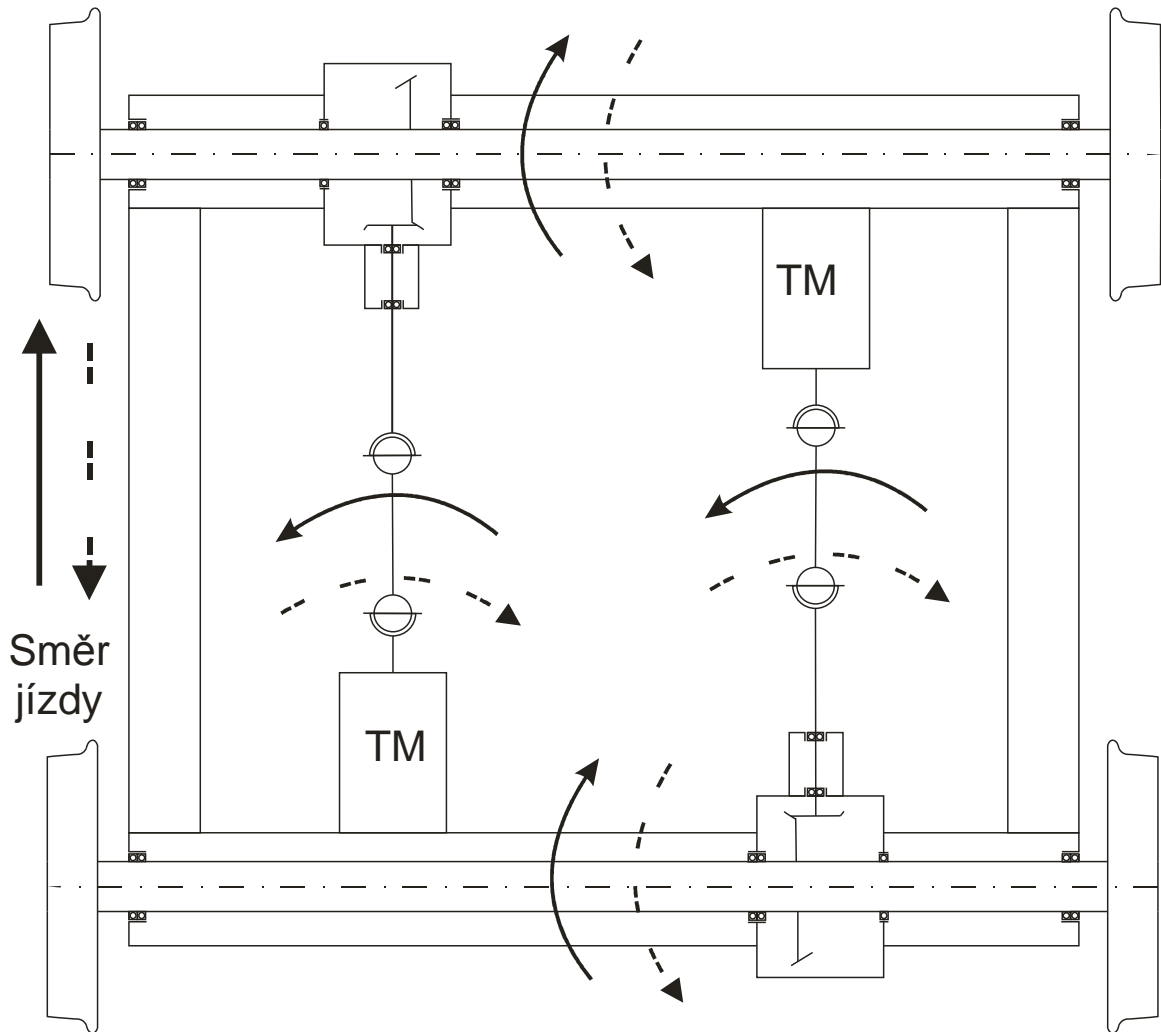
3.1.1. Směr vinutí šroubovice a směr rotace soukolí

Směr vinutí šroubovice na šroubovém kuželovém nebo hypoidním soukolí je dán směrem zakřivení zubů. Pokud mají osy zubů sklon zprava doleva (proti směru hodinových ručiček) je ozubení levotočivé, když se pozorovatel dívá na čelo ozubení. Pokud mají osy zubů sklon zleva doprava (po směru hodinových ručiček) je ozubení

pravotočivé. Směr vinutí šroubovice jednoho z členů dvojice je vždycky proti druhému tak, aby spolu mohly zabírat. Směr vinutí šroubovice nemá účinek na klidný a tichý chod nebo na účinnost. Ale rozdílný je účinek osového zatížení, který záleží také na směru otáčení soukolí. V případě levotočivého pastorku a pravotočivého talířového kola při otáčení po směru hodinových ručiček (při pohledu na talířové kolo) je směr axiální síly z centra kužele pastorku. Naopak otáčení proti směru hodinových ručiček směřuje axiální sílu do centra kužele pastorku. V případě pravotočivého pastorku a levotočivého talířového kola při otáčení po směru hodinových ručiček je směr axiální síly z centra kužele pastorku. Naopak otáčení proti směru hodinových ručiček směřuje axiální sílu do centra kužele pastorku.



Obr. 9 Schematický popis působící axiální síly na pastorek v závislosti na směru zakřivení zubů a směru rotace talířového kola



Obr. 10 Směr otáčení soukolí podvozku v závislosti na směru jízdy

V případě počítané převodovky je směr vinutí talířového kola pravý a směr vinutí pastorku levý (použité ozubení Gleason). Vzhledem k tomu, že tramvaj má na podvozku dvě převodovky, které jsou proti sobě středově souměrné, tak dochází při jízdě jedním směrem k otáčení talířového kola na první nápravě proti směru hodinových ručiček a talířové kolo na druhé nápravě se otáčí po směru hodinových ručiček. Během provozu dochází k otáčení podvozků.

3.1.2. Úhel stoupání šroubovice

Úhel stoupání šroubovice by měl být pokud možno vybraný tak, aby čelní kontaktní poměr byl nejméně 1,25. Pro maximální hladký kontakt, by měl být čelní kontaktní poměr mezi 1,5 a 2,0. V případě ozubení Gleason je úhel stoupání šroubovice na pastorku $\beta_1=45^\circ$ a $\beta_2=30^\circ$.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 24
---	-----------------	-----------

3.1.3. Tangenciální síla

Rozbor silových poměrů na ozubení vychází ze situace, kdy se sledovaná dvojice obou zubů dotýká v jednom centrálním bodě (dotykový bod), i když ve skutečnosti o bodový styk zubů nejde. Základní silová rozvaha se provádí při dotyku zubů v centrálním bodě při jednopárovém záběru. Tangenciální zatížení na kuželových nebo hypoidních soukolích je dán empirickým vztahem (1):

$$F_{t2} = \frac{19098600 \cdot P}{d_2 \cdot n_2} \text{ [N]} \quad (1)$$

Kde F_{t2} je tangenciální síla na talířovém kole [N], P je výkon [kW], d_2 je průměr talířového kola [mm] a n_2 jsou otáčky talířového kola [min^{-1}]. Trakční motor má výkon 41,6 kW. Otáčky pastorku jsou dány jmenovitými otáčkami trakčního motoru $n_1 = 1425 \text{ [min}^{-1}]$. Z daného převodového poměru $i = 7,43$ lze díky vztahu (2) dopočítat otáčky na talířovém kole n_2 . Otáčky jsou k sobě vzájemně v opačném poměru než počty zubů soukolí [30].

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{52}{7} = 7,43 \Rightarrow n_2 = \frac{n_1}{i} = 191,79 \text{ [min}^{-1}] \quad (2)$$

Průměr d_2 v místě dotykového bodu lze spočítat na základě vztahu (3), kde $r_{2\text{max}}$ je maximální poloměr talířového kola. Úhly $\gamma_1 = 12^\circ 57'$ a $\gamma_2 = 76^\circ 37'$ jsou úhly roztečných kuželů pastorku a kuželového kola, které jsou podobně jako vzdálenost přesazení os rotací $C = 44,45 \text{ mm}$ určeny výkresovou dokumentací převodovky. Po dosazení všech hodnot do (1) vyjde tangenciální síla na talířovém kole (4). Tangenciální síla na spoluzabírajícím hypoidním pastorku je určena vztahem (5).

$$d_2 = \frac{2 \cdot r_{2\text{max}}}{\sin 2\gamma_2} - \frac{C \cdot \sin \gamma_2}{\sqrt{\cos^2 \gamma_1 - \sin^2 \gamma_2}} = 313,4 \text{ mm} \quad (3)$$

$$F_{t2} = \frac{19098600 \cdot 41,6}{313,4 \cdot 191,79} = 13218,13 \text{ N} \quad (4)$$

$$F_{t1} = F_{t2} \cdot \frac{\cos \beta_1}{\cos \beta_2} \text{ [N]} \quad (5)$$

3.1.4. Axiální síla

Hodnota axiálního zatížení je závislá na tangenciálním zatížení zubu, úhlu stoupání šroubovice, úhlu záběru ozubených kol a normálovým úhlem záběru. Axiální síla je jednoduše určena empirickým vztahem (6), který vychází ze součinu tangenciální síly a procentuální hodnoty dané grafem (Příloha 3). Graf je symetrický okolo horizontální osy, proto jsou zde dva průsečíky roztečného úhlu a sklonu

stoupání šroubovice. Výběr vlastního bodu záleží na směru zakřivení, směru otáčení a zda-li je člen hnaný nebo hnací. Průřezky bodů na pastorku a jeho spoluzabírajícím talířovém kole jsou vždy na opačných stranách rozdělených horizontální osou grafu [9].

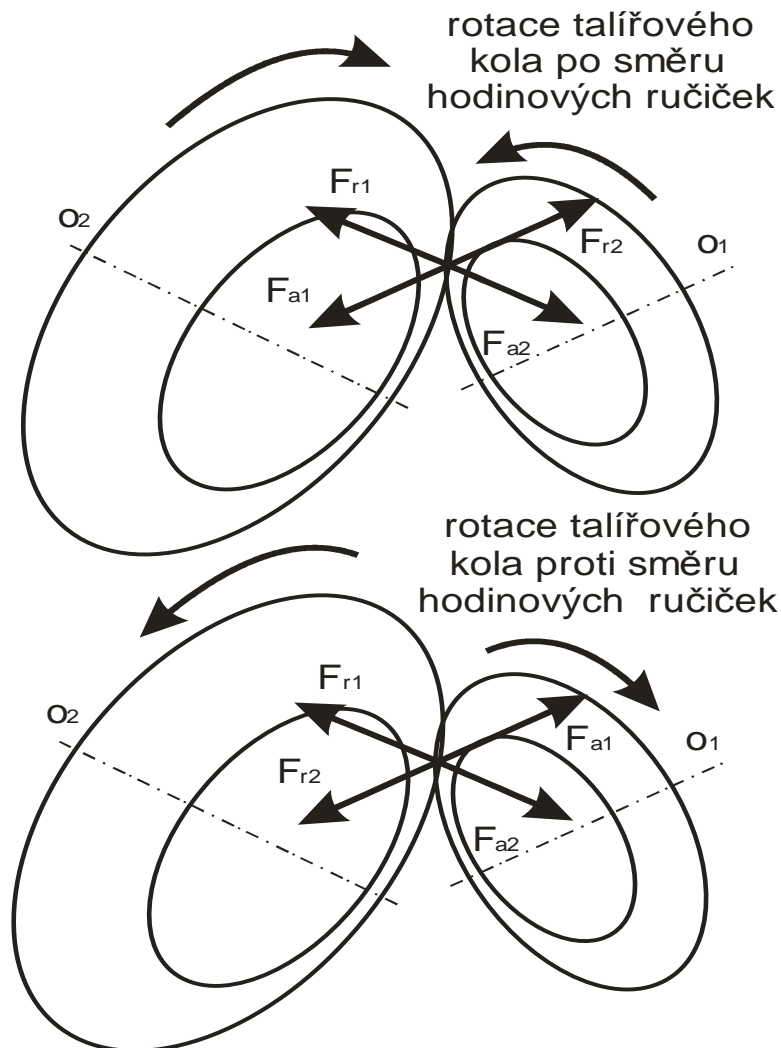
$$F_{a2} = (\% \text{ z přílohy 3}) \cdot F_t = 0,12 \cdot 13281,13 = \underline{1586,17 \text{ N}} \quad (6)$$

3.1.5. Radiální síla

Radiální síla je empiricky určena shodným způsobem jako axiální síla (7), pouze jde o jiný graf speciálně pro radiální zatížení (**Příloha 4**).

$$F_{r2} = (\% \text{ z přílohy 4}) \cdot F_t = 0,75 \cdot 13281,13 = \underline{9960,85 \text{ N}} \quad (7)$$

3.1.6. Výsledné silové působení v soukolí



Obr. 11 Výsledné silové působení v soukolí v axiálním a radiálním směru [26]

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 26
---	-----------------	-----------

3.2. Silové účinky převodovky na nápravu

Uložení nápravy v ložiskách je případ staticky neurčité konstrukce. Jde o spojitý nosník procházející bez přerušení nad mezipodporami. Proto je nutné použít třímomentové věty. Pro zjednodušení považujeme kola a krajní soudečková ložiska za jednu podporu a jako krajní podpory je považujeme za kloubové nebo vetknuté. Proto budeme uvažovat případ nápravy jako spojitého nosníku na čtyřech podporách, které jsou označovány zleva písmeny A, B, C a D. Rozbor silového působení je prováděn v rovině dané působícími silami F_{r2} a F_{a2} . Síla F_{r2} bude v tomto případě působit kolmo na osu otáčení talířového kola. Síla F_{a2} působí ve směru osy, proto nebude do výpočtu zahrnuta. Výpočet pro oba směry otáčení se bude lišit pouze ve smyslu působení radiální síly (**Obr. 11**). Nejprve je nutné rozdělit na tři nosníky se dvěma společnými podporami B a C. V místech rozdělení zavedeme momenty M_B a M_C , které působí na každý díl nosníku proti sobě (**Obr. 12**). Velikosti působících momentů lze získat ze soustavy dvou rovnic (8) a (9). Kde ω_1 , ω_2 a ω_3 jsou obsahy ploch dané ohybovými momenty na jednotlivých segmentech nosníků. V případě tramvajové převodovky na části o délce L_1 a L_3 nepůsobí žádná vnější síla. Proto jsou ω_1 a ω_3 podobně jako M_A a M_D na krajních podporách rovny nule. Písmena **a** a **b** označují vzdálenost těžiště plochy ohybového momentu ve vzdálenosti od podpor (**a** značí vzdálenost zleva a **b** zprava). Potom lze soustavu napsat ve tvaru (10) a (11) [1].

$$M_A \cdot L_1 + 2 \cdot M_B \cdot (L_1 + L_2) + M_C \cdot L_2 = -6 \cdot \frac{\omega_1 \cdot a}{L_1} - 6 \cdot \frac{\omega_2 \cdot b}{L_2} \quad (8)$$

$$M_B \cdot L_2 + 2 \cdot M_C \cdot (L_2 + L_3) + M_D \cdot L_3 = -6 \cdot \frac{\omega_2 \cdot a}{L_2} - 6 \cdot \frac{\omega_3 \cdot b}{L_3} \quad (9)$$

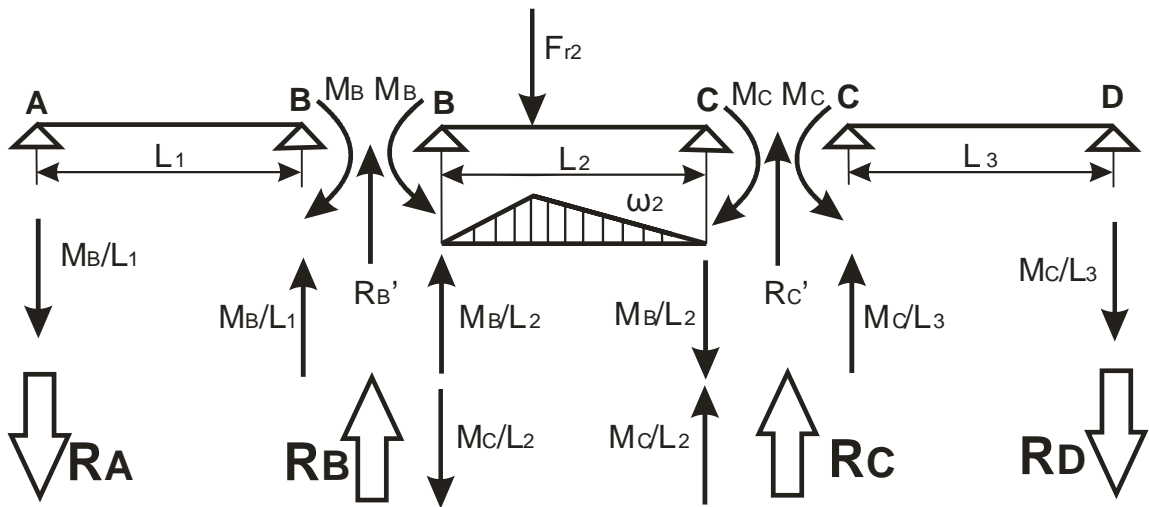
$$2 \cdot M_B \cdot (L_1 + L_2) + M_C \cdot L_2 = -6 \cdot \frac{\omega_2 \cdot b}{L_2} \quad (10)$$

$$M_B \cdot L_2 + 2 \cdot M_C \cdot (L_2 + L_3) = -6 \cdot \frac{\omega_2 \cdot a}{L_2} \quad (11)$$

Pro zjištění velikost obsahu plochy ω_2 dané ohybovým momentem od zatížení segmentu nosníku L_2 silou F_{r2} je nutné nejprve spočítat reakce R_B' a R_C' v podporách nosníku L_2 (12) a (13).

$$\sum F = 0: R_B' + R_C' - F_{r2} = 0 \quad (12)$$

$$\sum M_B = 0; F_{r2} \cdot L_4 - R_C' \cdot L_2 = 0 \quad (13)$$



Obr. 12 Schéma působících reakcí v místech uložení ložisek od síly F_{r2}

Vzdáleností umístění ložisek jsou známé z výkresové dokumentace, $L_1 = 0,775$ m; $L_2 = 0,422$ m; $L_3 = 0,303$ m a $L_4 = 0,11$ (vzdálenost působící síly F_{r2} od podpory B). Rozdílnost jednotlivých vzdáleností není zohledněna v (**Obr. 12**). Vzdálenost těžiště od podpory B je $a = 0,11$ m a vzdálenost těžiště od podpory C je $b = 0,312$ m. Dosazením známých hodnot do (**12**) a (**13**) dostaneme velikosti reakcí R_B' a R_C' v podporách nosníku L_2 (**14**) a (**15**). Poté lze spočítat plochu trojúhelníku danou průběhem ohybového momentu ω_2 (**16**).

$$R_C' = \frac{F_{r2} \cdot L_4}{L_2} = \frac{9960,85 \cdot 0,11}{0,422} = \underline{2596,43 \text{ N}} \quad (14)$$

$$R_B' = F_{r2} - R_C' = 9960,85 - 2596,43 = \underline{7364,42 \text{ N}} \quad (15)$$

$$\omega_2 = \frac{L_2 \cdot R_B' \cdot L_4}{2} = \frac{0,422 \cdot 7364,42 \cdot 0,11}{2} = \underline{170,93 \text{ N} \cdot \text{m}^2} \quad (16)$$

Nyní je již možné dosadit do rovnic (**10**) a (**11**) a vypočítat momenty M_B a M_C (**17**) a (**18**), které vyjdou vždy záporně. Pro konečný výpočet reakcí R_A , R_B , R_C a R_D je třeba rozdělit účinky momentů na jednotlivé podpory podle (**Obr. 12**). Obě krajní reakce působí stejně jako obě vnitřní podpory proti síle F_{r2} , protože je výsledek záporný. K podporám B a C je nutné přičíst ještě účinky reakcí R_B' a R_C' . Výsledné hodnoty jsou vypočítány v (**19**), (**20**), (**21**) a (**22**). Správnost řešení je vhodné si snadno ověřit součtem absolutních hodnot reakcí, který se musí rovnat F_{r2} .

$$M_B = \frac{12 \cdot \omega_2 \cdot b \cdot (L_2 + L_3) - 6 \cdot \omega_2 \cdot a \cdot L_2}{L_2^3 - 4 \cdot L_2 \cdot (L_1 + L_2) \cdot (L_2 + L_3)} = \underline{-299,597 \text{ N} \cdot \text{m}} \quad (17)$$

$$M_C = \frac{-6 \cdot \omega_2 \cdot b \cdot -2 \cdot M_B \cdot (L_1 + L_2)}{L_2^2} = \underline{-97,172 \text{ N} \cdot \text{m}} \quad (18)$$

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 28
---	-----------------	-----------

$$R_A = \frac{M_B}{L_1} = \frac{-299,597}{0,775} = \underline{\underline{-386,577 \text{ N}}} \quad (19)$$

$$R_B = R_B' + \frac{M_B}{L_1} + \frac{M_B}{L_2} - \frac{M_C}{L_2} = 7364 + \frac{-299,6}{0,775} + \frac{-299,6}{0,422} - \frac{-97,2}{0,422} = \underline{\underline{6498,2 \text{ N}}} \quad (20)$$

$$R_C = R_C' - \frac{M_B}{L_2} + \frac{M_C}{L_2} + \frac{M_C}{L_3} = 2596 - \frac{-299,6}{0,422} + \frac{-97,2}{0,422} + \frac{-97,2}{0,303} = \underline{\underline{2755,4 \text{ N}}} \quad (21)$$

$$R_D = \frac{M_C}{L_3} = \frac{-97,2}{0,775} = \underline{\underline{-320,698 \text{ N}}} \quad (22)$$

3.3. Vliv nepřesného výškového uložení podpor

Vyložený způsob výpočtu spojitých nosníků předpokládá, že všechny podpory leží v jedné úrovni. Prakticky nelze při montáži nosníku zcela přesně splnit tento předpoklad. Část podpor může být o něco výše, část níže než projektovaná úroveň. Někdy mohou přijít podpory do různých úrovní nestejným sesednutím podpor. Někdy může být takové uložení výhodné a dělá se úmyslně. U staticky určitého nosníku, např. nosníku prostě uloženého nebo s klouby v poli nezpůsobí tyto montážní nepřesnosti podstatné změny napětí. Ale u spojitého nosníku, v soustavě staticky neurčité, lze očekávat vznik dosti značných prvotních napětí způsobených nepřesnostmi při uložení podpor nebo nerovnoměrností sesednutí.

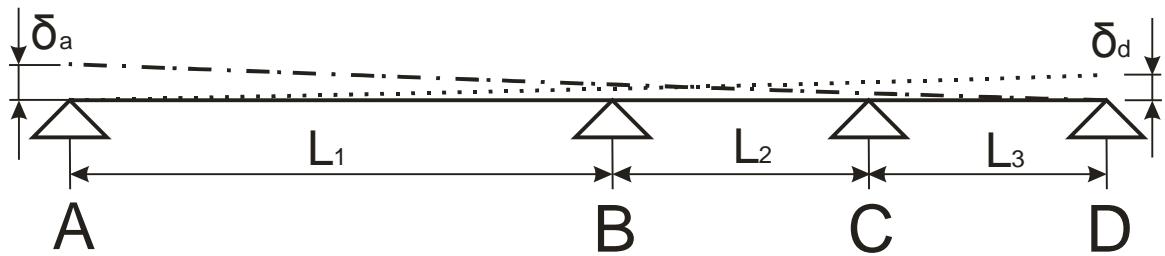
V případě tramvajové převodovky může jít o toleranci házení nápravy. Proto platí soustava dvou rovnic (23) a (24), kde $E = 210\,000 \text{ MPa}$, hmotový moment setrvačnosti nápravy o průměru 100 mm (25) a δ_a a δ_d jsou rozdíly nepřesného uložení podpor.

$$M_A \cdot L_1 + 2 \cdot M_B \cdot (L_1 + L_2) + M_C \cdot L_2 = -6 \cdot E \cdot J \cdot \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \right) \cdot \delta_a \quad (23)$$

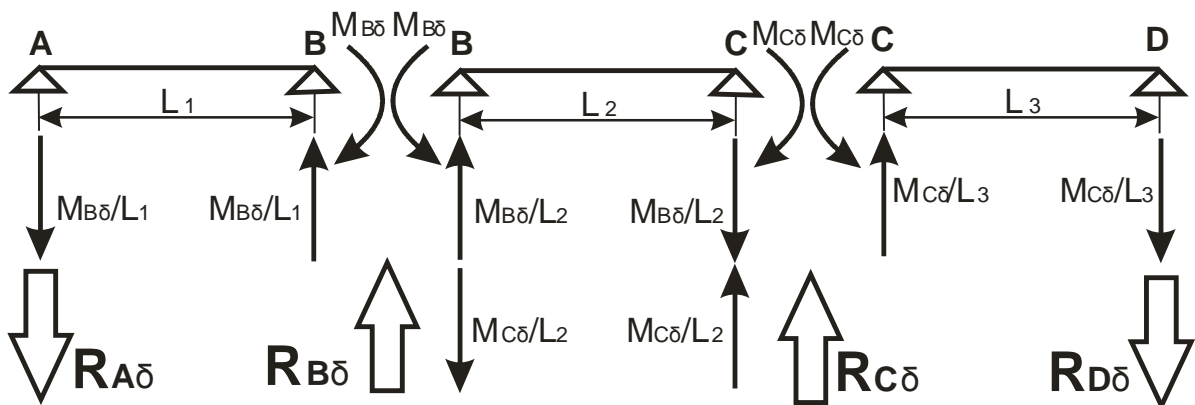
$$M_B \cdot L_2 + 2 \cdot M_C \cdot (L_2 + L_3) + M_D \cdot L_3 = -6 \cdot E \cdot J \cdot \left(\frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \right) \cdot \delta_d \quad (24)$$

$$J = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot d^4 = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot 0,1^4 = 4,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4 \quad (25)$$

Vzdálenosti L_1 , L_2 a L_3 k podporám jsou shodné jako v předchozí kapitole. Podobně jako v předchozí kapitole i tentokrát jsou momenty na krajních podporách M_A a M_B rovny nule. Pro přiblížení se praktickým hodnotám tolerance házení bude vždy jedna krajní podpora považována za vetknutou a na druhém konci bude buďto δ_a nebo δ_d rovna maximální toleranci 0,05 mm (**Obr. 12**).



Obr. 13 Znárodnění nepřesného výškového uložení podpor na koncích



Obr. 14 Schéma působících reakcí v místech uložení ložisek od nepřesného výškového uložení podpor

Dosazením do (23) a (24) získáme momenty $M_{B\delta}$ a $M_{C\delta}$, které působí na segmenty nosníků, podobně jako u předešlé kapitoly. A úplně shodným postupem jako u kapitoly výše lze vypočítat i reakce vznikající v podporách $R_{A\delta}$, $R_{B\delta}$, $R_{C\delta}$ a $R_{D\delta}$, které budou indexovány A nebo D, podle toho, která podpora má nepřesné výškové uložení. Nejprve budou provedeny výpočty pro snížení podpory A. Reakce na prvních dvou podporách A a B vycházejí záporně (28) a (29), působí proti směru naznačenému na (Obr. 14).

$$M_{B\delta A} = \frac{-6 \cdot E \cdot J \cdot \left[2 \cdot (L_2 + L_3) \cdot \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \right) \cdot \delta_a \right]}{L_2^2 - 4 \cdot (L_1 + L_2) \cdot (L_2 + L_3)} = -498,354 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (26)$$

$$M_{C\delta A} = \frac{-6 \cdot E \cdot J \cdot \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \right) \cdot \delta_a - 2 \cdot M_{B\delta A} \cdot (L_1 + L_2)}{L_2} = 145,04 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (27)$$

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 30
---	-----------------	-----------

$$R_{A\delta A} = \frac{M_{B\delta A}}{L_1} = \frac{-498,354}{0,775} = \underline{\underline{-643,04 \text{ N}}} \quad (28)$$

$$R_{B\delta A} = \frac{M_{B\delta A}}{L_1} + \frac{M_{B\delta A}}{L_2} - \frac{M_{C\delta A}}{L_2} = \frac{-498,4}{0,775} + \frac{-498,4}{0,422} - \frac{145,04}{0,422} = \underline{\underline{-2167,67 \text{ N}}} \quad (29)$$

$$R_{C\delta A} = \frac{M_{C\delta A}}{L_2} - \frac{M_{B\delta A}}{L_2} + \frac{M_{C\delta A}}{L_3} = \frac{145,04}{0,422} - \frac{-498,4}{0,422} + \frac{145,04}{0,303} = \underline{\underline{2003,3 \text{ N}}} \quad (30)$$

$$R_{D\delta A} = \frac{M_{C\delta A}}{L_3} = \frac{145,04}{0,775} = \underline{\underline{478,67 \text{ N}}} \quad (31)$$

Výpočet při snížení podpory D. Reakce na podporách C a D budou opačné.

$$M_{B\delta D} = \frac{-6 \cdot E \cdot J \cdot \left[L_2 \cdot \left(\frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \right) \cdot \delta_d \right]}{L_2^2 - 4 \cdot (L_1 + L_2) \cdot (L_2 + L_3)} = 224,691 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (32)$$

$$M_{C\delta D} = \frac{-6 \cdot E \cdot J \cdot \left(\frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \right) \cdot \delta_d - M_{B\delta D} \cdot L_2}{2 \cdot (L_2 + L_3)} = -1274,67 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (33)$$

$$R_{A\delta D} = \frac{M_{B\delta D}}{L_1} = \frac{224,691}{0,775} = \underline{\underline{289,92 \text{ N}}} \quad (34)$$

$$R_{B\delta D} = \frac{M_{B\delta D}}{L_1} + \frac{M_{B\delta D}}{L_2} - \frac{M_{C\delta D}}{L_2} = \frac{224,7}{0,775} + \frac{224,7}{0,422} - \frac{-1274,7}{0,422} = \underline{\underline{3842,909 \text{ N}}} \quad (35)$$

$$R_{C\delta D} = \frac{M_{C\delta D}}{L_2} - \frac{M_{B\delta D}}{L_2} + \frac{M_{C\delta D}}{L_3} = \frac{-1274,7}{0,422} - \frac{224,7}{0,422} + \frac{-1274,7}{0,303} = \underline{\underline{-7759,81 \text{ N}}} \quad (36)$$

$$R_{D\delta D} = \frac{M_{C\delta D}}{L_3} = \frac{-1274,7}{0,775} = \underline{\underline{-4206,83 \text{ N}}} \quad (37)$$

3.4. Vyhodnocení výsledků

Při porovnání výsledků je patrné, že zvláště při nepřesném uložení na podpoře D dochází k výrazným silovým nárůstům na podporách B a C. Spolu s reakcemi vzniklými od radiální síly převodovky nemohou mít nepříznivý vliv na kuličková ložiska 6222. Jednořadá kuličková ložiska 6222 mají statickou únosnost někde okolo 100 kN (údaje o statické únosnosti se liší podle výrobců). Proto problémy popsané v následující kapitole musí způsobovat jiný faktor, jako např. dynamické rázy při pevném vedení podvozku v důsledku jízdy po nekvalitním svršku, nebo daleko větší tolerance házení nápravy v rádech desetin milimetru [6].

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 31
---	-----------------	-----------

4. Popis opotřebení a údržba nápravových převodovek

4.1. Vznik opotřebení

Primárně vzniká opotřebení mezi horní (**poz. 4**) a dolní (**poz. 5**) částí převodovky v prostoru uložení kuličkových ložisek (**poz. 12**) v důsledku značného provozního namáhání. Dochází zde k deformaci materiálu skříně převodovky z původního kruhového tvaru uložení na tvar oválný. Tento druh deformace vylučuje další použití takto poškozené převodové skříně pro další provoz. Z ekonomického hlediska byly od roku 2007 zavedeny repase nástřikovou hmotou v místě uložení ložisek, aby mohly být provozně opotřebené části skříní po provedení repase opět použity. Dříve se poškozené skříně vyhazovaly a kupovaly se nové. Dnes se část převodových skříní podrobuje repasím, ale také se osazují i nové, tudíž na vozidlech může být i jejich kombinace. Respektive může docházet při skládání jedné převodovky ke kombinaci jak repasovaných, tak i úplně nově dodaných částí převodovky.

Bohužel další problémy se projevily až teprve v srpnu 2009, kdy první repasovaná převodovka přišla do ústředních dílen na druhou střední prohlídku (SP). Byly zjištěny značné vůle v uložení pastorku (až 3 mm), které byly způsobeny značným opotřebením mazacího kroužku (**poz. 31**) umístěného mezi ložisky a samotných ložisek v uložení pastorku (nadměrné opotřebení povrchu válečků ložisek). Vzniklé vůle mají další negativní vliv na přesnost záběru pastorku (**poz. 1**) a talířového kola (**poz. 2**) a dochází k jejich vzájemnému poškozování. Toto poškození bylo považováno za anomálii až do té doby, než přišla další repasovaná převodovka do druhé SP se stejnými problémy.

Z (**Tab. 1**) vyplývá, že jednostupňovou převodovkou je osazeno celkem 243 vozů. Jak již bylo zmíněno, na vozy se osazují kombinace repasovaných i zcela nových převodových skříní. Tzn. na jednom voze může být například jedna repasovaná převodovka a zbylé tři převodovky bez repase, za předpokladu, že na každé tramvaji jsou kromě vozů Vario LF2 čtyři převodové skříně (u vozů Vario LF2 je šest převodových skříní) I vozy Vario se osazovaly repasovanými díly nápravových převodovek. Bohužel žádné označování dílů repasovaných nápravových převodovek se neprovádělo. Proto je v provozu naprosto nemožné rozeznat repasované převodovky od převodovek bez repase. Není ani známý celkový počet zničených repasovaných převodovek, které již přišly na SP do ÚD Medlánské (od konce srpna

2009, kdy byl zjištěn první případ). Jediné, co se povedlo dohledat podle účetních dokladů je celkový počet repasovaných částí v jednotlivých letech (**Tab. 2**). Z celkového počtu repasovaných převodovek se dá usuzovat, že cca 123 kompletních převodových skříní se objevilo v provozu, což tvoří za předpokladu čtyř převodovek na vůz cca 30 tramvajových vozů s jednostupňovou převodovkou po repasování. V procentuálním vyjádření se jedná o cca 12,7% vozů osazených jednostupňovou převodovkou a z celkového počtu vozového parku tramvají jde o necelých deset procent.

Tab. 2 Přehled počtu repasovaných dílů převodovek

rok	skříň	levý díl	pravý díl
2007	36	48	42
2008	48	35	41
2009	36	40	40
2010	6	0	0
Σ	126	123	123

4.2. Údržbové zásahy do převodové skříně během provozu

Prohlídky nové převodovky nebo převodovky po generální opravě se musí v provozu kontrolovat v následujících prohlídkových periodách:

- SP – SP – VP – SP – SP – VP – SP – SP – GO

4.2.1. Denní ošetření (DO) [denně – maximálně 500 km]

Při denním ošetření se kontroluje těsnost převodovky a stav oleje, případně jeho únik. Po ujetí prvních 200 – 500 km se kontroluje a podle potřeby dotahuje koncová matice pastorku, kontroluje se stav ozubení a podle potřeby se také seřizují boční vůle soukolí a vůle v kuželíkových ložiscích pastorku. Zkontroluje se těsnost výpustních a plnicích zátek a dělicích rovin skříně převodovky.

4.2.2. Kontrolní prohlídka (KP) [6 000 km +500 km/-1000 km]

Po prvních 6 000 km se kontrolují a podle potřeby dotahují všechny šrouby na nové převodovce, toto se provádí i u převodovek, které se při SP, VP, a GO demontují. U nových převodovek nebo u převodovek po generální opravě se kontroluje koncová matice pastorku a podle potřeby se dotahuje. Vyměňuje se olejová náplň v převodovce. Po prvních 20 000 km je třeba očistit odvzdušňovač, zátku a u sběrače elektrického proudu uhlík a překontrolovat tlak uhlíku na sběrací kroužek. Nutné je vypuštění zbytku oleje, který propustilo labyrintové těsnění.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 33
---	-----------------	-----------

Po sejmutí víka se provádí kontrola ozubení a bočních vůlí soukolí. Zároveň se kontroluje i vůle kuželíkových ložisek pastorku. Zjistí-li se při kontrole na zubech pittingy, je třeba tomuto problému věnovat zvýšenou pozornost. V případě, že se pittingy zvětšují, nebo se zvyšuje jejich počet, je nutné soukolí vyměnit.

4.2.3. Střední prohlídka (SP) [90 000 km \pm 10 000 km]

Při střední prohlídce se vypouští olej a provádí jeho kontrola. Demontuje se pastorek i s jeho uložením. Kontroluje se stav těsnění i s ložisky pastorku, ozubení pastorku a talířového kola. Po demontáži uvedených částí převodovky se otáčením nápravy kontrolují nápravová ložiska a podle potřeby se provádí po stažení vypružených kol jejich výměna. Kontroluje se stav sběrače elektrického proudu a sběracího uhlíku. Při těchto kontrolách se vyměňují nebo opravují opotřebované a poškozené díly a odstraňují se zjištěné nedostatky. První výměna oleje se provádí po cca 100 000 km, následující po dalších 100 000 km až 130 000 km. Odbor technické kontroly může po posouzení technického stavu vozu prodloužit jeho kilometrický proběh do SP na 110 000 km.

4.2.4. Velká prohlídka (VP) [cca 270 000 km]

Provádí se kontrola v jako u SP. Důraz se klade na stav soukolí a ložisek nápravy. Není-li stav dobrý, provádí se demontáž a kontrola celé převodovky s detailní kontrolou jednotlivých dílů (soukolí, ložiska, těsnění atd.). Je-li při této prohlídce nutná výměna vypružení kol, provádí se demontáž převodovky v každém případě a po odmontování a stažení kol z nápravy se kontroluje převodovka jako v předcházejícím případě. Všechny nevyhovující díly se vyměňují nebo opravují. Vytažená ostří na zubech se lehce srazí jemným pilníkem. Při zpětné montáži je nutné dbát na pečlivé sestavení převodovky a nastavení správného záběru a vůle soukolí a ložisek. Pečlivě je nutné provést utěsnění a spojení stykových ploch dělicích rovin.

4.2.5. Generální oprava (GO) [cca 600 000 km]

Při GO se provádí demontáž celé převodovky. Po odmontování a stažení vypružených kol, se vyjme náprava a nápravová ložiska. Provede se výměna soukolí, všech ložisek a těsnění, defektoskopická kontrola nápravy a rozhodne se o jejím dalším použití, s přihlédnutím na stav čepů pro nalisování vypružených kol. Provádí se kontrola sběrače elektrického proudu a mění sběrací kroužek. Po výměně nevyhovujících dílů se při zpětné montáži převodovky musí pečlivě nastavit záběr a vůle soukolí a vůle ložisek jako při velké prohlídce.

4.3. Kontrola záběru zubů a vůle v ozubení

Pro dobrou funkci převodovky je důležité správné seřízení záběru ozubeného soukolí a správné nastavení bočních vůlí ozubeného soukolí. Soukolí musí být před zamontováním převodovky zaběháno. Při kontrole záběru zubů se kontroluje velikost pásma dotyku zubů (tzv. zrcátka). Tato kontrola se provádí nanášením barvy na pastorek a po protočení soukolí se na zubech talířového kola ukáže záběr zubů. Pro záběr zubů kuželového soukolí s poloodvalovaným ozubením Gleason je velikost pásma dotyku zubů v podélném směru v rozsahu 40 až 60 % délky zubů a v příčném směru 60 až 90 % výšky zubů talířového kola. U pastorku přechází pásmo dotyku zubů uprostřed délky zubu na celou výšku zubu, v podélném směru je pásmo dotyku 40 až 60 % délky zubů. Záběr zubů musí začínat nejméně 12 mm od okraje zubu na malém průměru a jeho poloha nesmí být diagonální. Nastavení správného záběru hypoidního soukolí se provádí vkládáním podložek (**poz. 36**) mezi pouzdro (**poz. 28**) a víko (**poz. 34**). V případě potřeby se vkládají podložky mezi dolní část převodové skříně (**poz. 5**) a pouzdro (**poz. 28**). Boční vůle hypoidního soukolí je 0,2 až 0,3 mm.



Obr. 15 Měření axiálních vůlí pastorku hloubkoměrem

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 35
---	-----------------	-----------

Případné nastavování bočních vůlí se provádí vkládáním podložek mezi pravou část převodovky (**poz. 13**) a vnější kroužek dvojice kuličkových ložisek (**poz. 12**). Důležité je i seřízení vůlí v kuželíkových ložiskách (**poz. 26**) v uložení pastorku (**poz. 1**). Větší vůle kuželíkových ložisek má totiž velmi nepříznivý vliv na jejich životnost a není-li včas odstraněna, může dojít ke zničení ložisek a havárii převodovky. Při správném seřízení vůle v kuželíkových ložiskách (**poz. 26**) se musí pastorek (**poz. 1**) otáčet volně a hladce. Vůle ložisek se zjišťují pomocí číselníkového úchylkoměru (indikátorové hodiny). U pastorku zamontovaného do převodovky se axiální vůle pastorku kontroluje na čelní ploše náboje pro připojení kloubového hřídele, přičemž musí být správně nastaven záběr hypoidního soukolí a koncová matice (**poz. 40**) řádně dotažena.

U pastorku, který je z převodovky demontován se víko (**poz. 34**) a pouzdro (**poz. 28**) s ložisky stáhnou třemi šrouby s maticemi a pastorek se dorazí směrem k víku. Pastorek se svým čelem postaví na pevnou desku a číselníkovým úchylkoměrem, který se umístí na čelní ploše víka (**poz. 34**) se změří (po pohybu pouzdra) vůle v kuželíkových ložiskách (**poz. 26**). Seřízení axiální vůle se provádí na pastorku s jeho uložení, který je demontován z převodovky. Pouzdro (**poz. 28**) se pod přírubou podepře tak, aby jeho osa byla svislá. V pouzdře, ve kterém jsou obě kuželíková ložiska (**poz. 26**), O-kroužky (**poz. 29**) a kroužky (**poz. 30 a 31**) i válečkové ložisko (**poz. 25**), se lehce válečkové ložisko dorazí směrem do pouzdra tak, aby mezi ložisky a kroužky nebyla žádná vůle. Potom se hloubkoměrem změří (Obr. 15) míra v pouzdru a míra ve víku. Rozdíl, od kterého se odečte axiální vůle (0,02 až 0,1 mm) udává potřebnou sílu vyrovnávacích podložek.

4.3.1. Kontrola sběrače elektrického proudu

Aby nedocházelo k poškození nápravových ložisek průchodem elektrického proudu, je na převodovce izolovaný sběrač elektrického proudu. U sběrače elektrického proudu je nutné kontrolovat při pravidelných prohlídkách stav izolace skříňky sběracího uhlíku (**poz. 18**) a jeho přechodový odpor, který nesmí být větší než 0,15 Ω . Izolační odpor izolace skříňky sběracího uhlíku musí být v provozu minimálně 1 k Ω a u vozu po revizi nebo generální opravě musí být minimálně 0,5 M Ω . Po ujetí každých cca 20 000 km je při prohlídce třeba uhlík očistit a překontrolovat tlak, kterým je uhlík přitlačován k sběracímu kroužku. Není-li tlak pružiny dostatečný, je nutno ji vyměnit [11].

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 36
---	-----------------	-----------

4.4. Opotřebením převodovek u jiných DP

V dopravních podnicích Plzeň, Most – Litvínov a Košice se s opotřebením nápravových převodovek v inkriminovaných místech zatím nesetkali.

DP Olomouc občas eviduje případy (cca 3x do roka) poškození ložiska, nejčastěji v místě uložení pastorku, občas také některého z kuličkových ložisek v místě uložení nápravy. Jedná se spíše o mimořádné havárie.

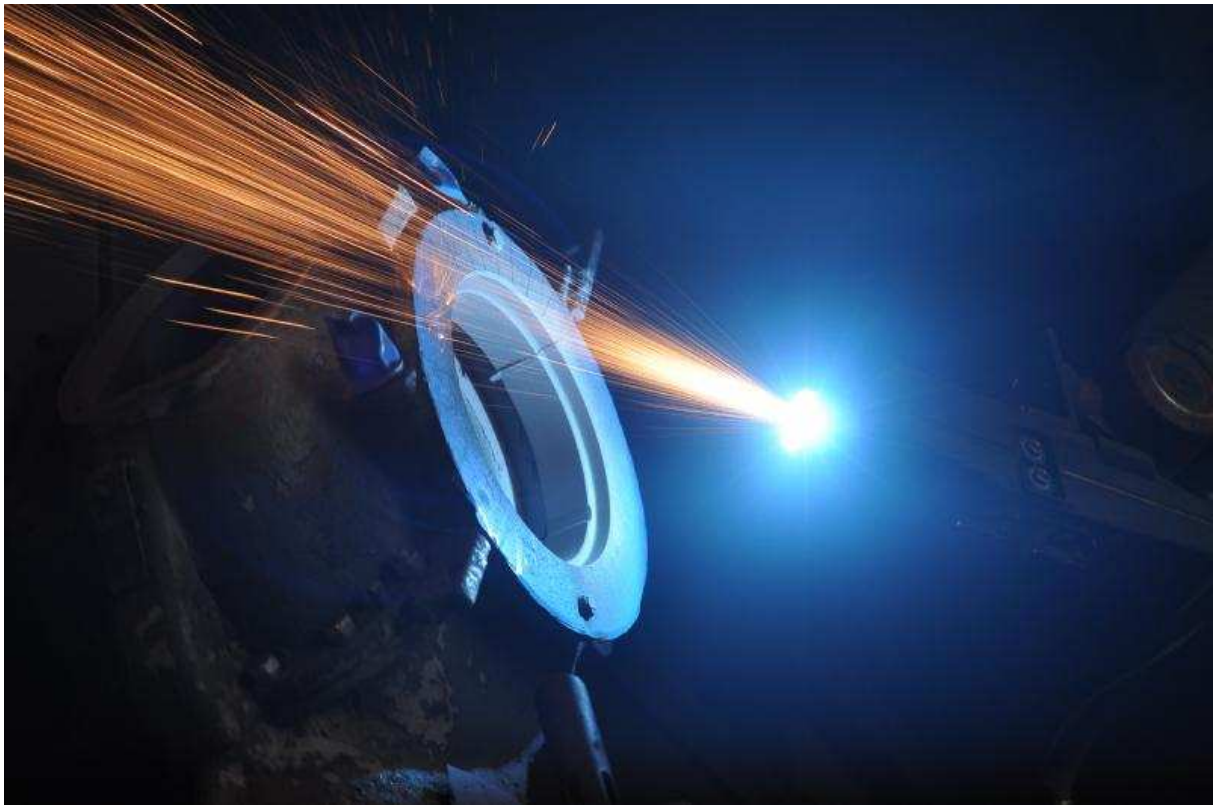
DP Ostrava se pro změnu setkal s častým poškozováním bočních dílů převodových skříní (pravá a levá část „nohavice“) v místě sedla soudečkového ložiska 23220. Dříve se provádělo navařování materiálu v těchto místech, dnes se toto neprovádí. Zajímavostí je, že místo tří jednořadých kuličkových ložisek 6222 v místě uložení nápravy se používají dvě soudečková ložiska 22222. Důvodem byly občasné havárie ložisek typu 6222. S ložisky typu 22222 zatím žádný problém nebyl.

DP Praha se setkal s podobným problémem jako v Brně, který řešil také renovací převodovek. Z důvodu finanční náročnosti renovací bylo od tohoto řešení úplně ustoupeno a v případě problémů se kupují nové skříně (podobně jako v Brně před rokem 2007). Občas se vyskytlo také protočení některých ložisek, které bylo následně řešeno přilepením ložiskového kroužku k sedlu.

DP Liberec dříve opravy normálněrozchodných převodovek vzhledem k rozsahu provozu neprováděl (DP Praha). S rozšířením normálněrozchodného provozu docházelo i častěji k závadám na převodovkách, nejčastěji vlivem závady na ložiskách. Nejvíce poruchové jsou kuličková jednořadá ložiska 6222. Naopak na úzkorozchodných převodovkách, které nejsou náplní této práce, dochází k poruchám častěji na soudečkových ložiskách 23220. Toto je dáno zejména odlišným konstrukčním uspořádáním podvozků pro úzký a standardní rozchod.

5. Repasování nápravových převodovek

5.1.1. Renovace metodou žárového nástřiku



Obr. 16 Provádění žárového nástřiku převodovky (foto: archiv firmy PLASMAMETAL, spol. s.r.o.)[28]

Převodové skříně jsou renovovány metodami žárových nástřiků, technologií stříkání plasmou s funkčním povlakem NiTi a technologií stříkání elektrickým obloukem s funkčním povlakem NiTi+Fe. Technologie žárového stříkání umožňuje nanášení a vytváření kovových povlaků na různé typy konstrukčních materiálů bez ohledu na stav jejich tepelného zpracování. Pro aplikaci žárového stříkání není podstatné chemické složení základního materiálu povlakovaného dílce, ani stav jeho tepelného zpracování. Povlaky nelze nanášet pouze na součásti s již vytvořenými vrstvami - např. nitridací nebo chromováním. Během procesu nanášení povlaků dochází k ohřátí základního materiálu na teploty kolem 100 °C, ve výjimečných případech do 150 °C. Nedochozí tudíž ani k deformaci povlakovaného dílce, ani k degradaci struktury základního materiálu. Obecně lze proces vytváření povlaků technologií žárového stříkání charakterizovat jako natavování přídavného materiálu ve formě prášku, drátu nebo tyčinky, jejichž částice jsou urychlovány a nanášeny na předem připravený otryskaný povrch součástí. Po dopadu na základní materiál

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 38
---	-----------------	-----------

dochází k částečné nebo úplné deformaci individuálně dopadajících částic, které se postupně velmi rychle ochlazují, tuhnou a vytvářejí typickou strukturu povlaku. Tloušťky povlaků se pohybují od 0,1 mm až do několika milimetrů podle použité metody technologie. Existují čtyři základní metody žárového stříkání: plamenem, elektrickým obloukem, plazmou i vysokorychlostní stříkání plamenem. Cílem aplikace povlaků vytvořených technologií žárového stříkání je výroba nebo obnova funkčních ploch se specifickými vlastnostmi na strojních součástech za současného snížení výrobních i provozních nákladů. Tuto technologii je možné používat jak v oblasti prvovýroby, tak v oblasti oprav a renovací [21] [28] [35].

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 39
---	-----------------	-----------

6. Olejová náplň převodových skříní

6.1. Způsob mazání nápravové převodovky

Všechna ozubená kola a ložiska převodovky jsou mazána olejem, který je v převodové skříní. Za běhu převodovky se talířové kolo (**poz. 2**) brodí v olejové lázni, vynáší olej do záběru kola a rozstříkuje jej na stěny skříně. Nad pastorkem je v odlitku horní části převodové skříně (**poz. 4**) vytvořen pro zachycení stékajícího oleje sběrač. Z tohoto sběrače je olej veden vrtaným otvorem kolem uzavíracího šroubu s krycí maticí (**poz. 41**) ke krajnímu ložisku v uložení pastorku. Část oleje, který projde válečkovým ložiskem (**poz. 25**) se vrací šikmým otvorem zpět do dolní části (**poz. 5**). Ostatní olej prochází kuželíkovými ložisky pastorku (**poz. 26**) a vyvrtanými otvory se potom rovněž vrací do dolní části převodovky (**poz. 5**). Otvory u kuželíkových ložisek (**poz. 26**) jsou umístěny tak, aby se u ložisek udržovalo určité množství oleje, které zaručuje mazání i při rozjezdu. Hladina oleje je však tak nízká, aby se zbytečně nezvyšovaly odpory broděním. Další sběrací místa oleje jsou na obou bocích horní části převodové skříně (**poz. 4**) nad nápravou. Odtud olej protéká vrtanými otvory v horní části převodové skříně a dále šikmými vrtanými otvory v obou bočních částech (pravá i levá) převodové skříně (**poz. 13**) a (**poz. 14**), kde maže kuličková ložiska (**poz. 12**). Obě boční části převodové skříně jsou tvarovány tak, aby olej nezatékal dále k bočním těsnícím víkům (**poz. 21**) a vracel se zpět do dolní části převodové skříně vybráním v dolní části uložení hřídele.

Převodovka se plní olejem otvorem se zátkou s měrkou (**poz. 9**) v dolní části převodovky (**poz. 5**) tak dlouho, až hladina dosáhne horní hranice obdélníkové části tyčky měrky. Plnění lze usnadnit mírným zahřáním oleje. Těsnost převodovky a únik oleje se kontrolují denně. Při úniku oleje je třeba odstranit příčinu úniku a doplnit jej. U labyrintových těsnění je třeba počítat s určitým prolínáním oleje. Pokud je únik malý, není na závadu. Při každé výměně je nutné odšroubovat zátku (**poz. 18**) na skříní sběrače (**poz. 17**) a vypustit zbytek oleje, který propustilo labyrintové těsnění.

6.2. Specifikace převodových olejů

V oblasti převodových olejů není síť systémů hodnocení tak hustá a jednotná. V praxi se potom užívají zejména klasifikace dle API, viskozitní třídy dle SAE. Některé oleje se klasifikují jen podle ISO 6743-6 a DIN 51 502 [19].

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 40
---	-----------------	-----------

6.2.1. Viskozita (SAE)

Pro hodnocení viskozitních vlastností převodových olejů se používá specifikace SAE (Society of Automotive Engineers, USA). Tato norma se používá pro klasifikaci olejů čtyř zimních tříd, která se označují číslem a písmenem „W“ (z angl. Winter). A pět letních tříd značených pouze číslem.

- Zimní třídy: 70W, 75W, 80W, 85W
- Letní třídy: 80, 85, 90, 140, 250

Pokud je při označení použito pouze jedné třídy, jde o olej monográdový (letní nebo zimní). Naopak kombinací zimní a letní třídy např. 80W-90 je olej multigrádový nebo-li celoroční. Častěji jsou výrobci převodů požadovány oleje monográdové. Čísla jednotlivých tříd nemají vztah ani k nějaké fyzikální veličině, ani k viskozitním třídám motorových olejů. Nelze také říci, že převodové oleje zimních tříd není možné použít v létě a naopak. Podobně, jak je tomu u motorových olejů, dělí se převodové oleje na jednostupňové a vícestupňové. Jednostupňové jsou charakterizovány jednou třídou např. SAE 90. Vícestupňové jsou označeny kombinací zimní a letní třídy např. SAE 80W-140. Takto charakterizovaný převodový olej má potom při nízkých teplotách vlastnosti oleje SAE 80 a při vysokých teplotách vlastnosti oleje SAE 140.

6.2.2. Výkonnostní kategorie (API)

Pro značení výkonnostní kategorie převodových olejů se používá klasifikace API (American Petroleum Institute, USA). Označení výkonnostní třídy se skládá z písmen „GL“ (z angl. Gear Lubricant) a čísla, které udává výkonnostní stupeň. Celkem je šest výkonnostních stupňů, ale v současné době se používají u převodových olejů následující čtyři výkonnostní třídy [32].

- GL-3 – nízkoaditivované oleje pro manuálně řazené převodovky se středním namáháním
- GL-4 – oleje pro vysoce aditivované určené především pro ručně řazené převodovky a málo zatížené hypoidní převody
- GL-5 – oleje určené pro vysoce zatížené hypoidní převody, pracující v nejtěžších provozních podmínkách, vystavené proměnnému rázovému zatížení
- GL-6 – oleje pro hypoidní převody pracující v extrémních podmínkách, zatím se užívají jen velmi zřídka

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 41
---	-----------------	-----------

6.3. Používané oleje

V nápravových převodovkách se u DPMB, a.s. používá převodový olej Mogul Trans 90 HT. Ale u některých ostatních dopravních podniků se pro shodné nápravové převodovky používá jiných převodových olejů. Přehled všech používaných olejů a jejich parametry je zpracován v **(Tab. 3)**.

6.3.1. Olej Mogul Trans 90 HT

Jedná se o převodový automobilový olej sezónního (případně celoročního) charakteru pro převodovky pracující v oblasti vysokých až velmi vysokých tlaků. Je vhodný pro silně zatížené převodovky, zejména převodové skříně s hypoidním ozubením. Výrobce (distributor) oleje uvádí typickou aplikaci jako provozní náplň hypoidních převodovek tramvají ČKD pro celoroční užívání. Má vysokou oxidační stálost, čímž umožňuje dosažení dlouhých lhůt výměn oleje (až 130 000 km). Jeho výborné antikorozi vlastnosti velmi dobře působí i při delším odstavení vozidla. Výhodou je nízká tendence k tvorbě pěny a výborná snášenlivost s elastomery. Tento převodový olej používá také DP Most - Litvínov a DP Košice [27].

6.3.2. Olej Mogul Intrans 220

Hluboce rafinovaný ropný olej zušlechtěný vysokotlakou přísadou, dále přísadami proti oxidaci a korozi. Je určen k mazání všech průmyslových převodovek, zejména převodovek s velmi vysokými tlaky v ozubení. Pracuje v širokém rozmezí otáček. Vhodný je také i jako náplň oběhových mazacích soustav, zejména při zvýšených požadavcích na mazací schopnost, protiotěrové vlastnosti a chemickou stálost oleje.

6.3.3. Olej 85W – 140

Olej 85W-140 je určen k využití u náročných aplikací, kde se vyskytuje vysoký krouticí moment, velké nebo rázové zatížení. Účinné sladění základového oleje a komplexu aditiv zajišťuje ochranu převodových skříní a součástí nápravových převodů v náročných provozních podmínkách. Výhodou je vynikající oxidační stabilita, která prodlužuje životnost převodů a ložisek. Dobrá ochrana při nízké rychlosti a vysokém krouticím momentu. Zároveň převodovku výborně chrání proti rzi a korozi. Účinné mazání i při nízkých teplotách. Olej je vhodný pro náročné průmyslové nebo automobilové aplikace včetně hypoidních převodů, kde dochází rázovým zatížením, vlivem nízké rychlosti a vysokého krouticího momentu [23].

6.3.4. Olej Castrol Optimol Optigear BM 460

Castrol Optigear je řada převodových olejů řešící problémy opotřebení např. během záběhů a nebo kdy se projevuje při provozu únavové poškození povrchů, poškrábání, odírání a vytváření trhlin a pittingů v materiálu funkčních zatížených ploch. Patentovaná aditivační technologie Microflux Trans umožňuje vždy reagovat na změnu zatížení třecích ploch a tak efektivně ochraňovat tyto funkční plochy proti opotřebením. Oleje jsou určeny pro kuželová, šneková i čelní ozubení průmyslových převodovek s materiálovým párem (i ocel – bronz) vystaveným extrémním mechanickým podmínkám provozu jako např. těžká a rázová zatížení, vibrace. Oleje lze také použít pro kluzná i valivá ložiska při vysokých zatíženích, pro oběhové systémy, zubové spojky a jiná spojení s vysokým zatížením kluzných ploch [26].

6.3.5. Olej PP 90H

Olej PP 90H je automobilový olej pro převodovky s hypoidním ozubením vyžadující vyšší viskozitu převodového oleje. Má výborné antikorozi vlastnosti, velmi dobrou ochranu proti opotřebením v podmínkách vysokého zatížení a je odolný proti pění. Dobrá je i snášenlivost s těsnicími materiály a má nízký bod tuhnutí.

Tab. 3 Porovnání používaných olejů podle srovnávacích parametrů

Olej	Viskozita při 100°C [mm ² /s]	Bod vzplanutí [°C]	Bod tekutosti [°C]	Třída SAE	Výkon. třída APE
Mogul Trans 90HT	15,4	210	-27	90	GL 5
Mogul Intrans 220	220 *	235	-18	CKC 220**	CKP 220**
Castrol Optigear	30,6 (459*)	238	-12	-	GL 6
85W-140	25,3 (328*)	224	-18	85W - 140	GL 5
PP 90H	15,6	-	-30	90	GL 5

*viskozita při 40°C

**klasifikace podle ISO 6743 a DIN 51 502

6.4. Srovnání km proběhů mezi výměnami oleje u ostatních DP

Podařilo se kontaktovat všechny dopravní podniky (DP) provozující tramvaje koncepce ČKD v České a Slovenské republice. Mimo DP Bratislava provozující pouze úzkorozchodné tramvaje (rozchod 1000 mm), které mají jiné uspořádání nápravové převodovky (také DP Liberec provozuje část tramvajů na úzkorozchodné síti). Jednotlivé dopravní podniky přizpůsobují kilometrické proběhy mezi výměnami olejů svým opravárenským kapacitám a místním provozním podmínkám. Těžkou údržbu nápravových převodovek neprovádějí ve vlastní režii pouze dopravní podniky Olomouc (opravy provádí DP Ostrava) a Plzeň (opravy provádí SKD Praha).

Minimální a maximální (někdy pouze maximální) kilometrický proběh mezi výměnou olejů v nápravových převodovkách a používaný druh oleje je zřejmý z **(Tab. 4)**. Uvedené kilometrické proběhy samozřejmě platí za předpokladu bezproblémového chodu převodovky. Pokud se v provozu vyskytne nějaká havárie, nejčastěji se jedná o zadření některého ložiska v převodovce, dochází k výměně oleje hned po provedení potřebné opravy. Hvězdička uvedená u kilometrického proběhu DP Praha upozorňuje na provádění filtrování a následnou sedimentaci oleje Castrol Optigear, která umožňuje jeho následné použití po dalších 120 000 km. Tímto je dosahováno podstatně vyšších kilometrických proběhů a obzvláště v největším tramvajovém provozu v ČR může toto opatření znamenat vysokou úsporu provozních nákladů. Podobně tomu je u DP Ostrava, kde se používá olej Optimol Optigear pro čelní převodovky tramvají typu Astra a Trio.

Tab. 4 *Kilometrický proběh a typ používaného oleje v jednotlivých DP*

DP	min [km]	max [km]	typ oleje
Brno	80 000	110 000	Mogul Trans 90HT
Košice	100 000	120 000	Mogul Trans 90HT
Liberec	-	50 000	Mogul Trans 90HT
Most - Litvínov	150 000	180 000	Mogul Trans 90HT
Olomouc	56 000	84 000	PP 90H
Ostrava	100 000	110 000	Mogul Intrans 220
Plzeň	-	180 000	85W-140
Praha	-	120 000*	Castrol Optigear

6.5. Rozbory olejových náplní

Byly provedeny rozbory olejů u dvou akreditovaných firem specializovaných v tomto oboru. První rozbor pouze jednoho vzorku oleje z poškozené převodovky po repasi byl proveden již 28.8.2009, ihned po zjištění prvního problému s repasovanými převodovkami, na objednávku firmy DTD Future u firmy ALS ČR (Australian Laboratory Services). Vzorek oleje Mogul Trans 90 HT byl podroben metodě zjištění obsahu prvků optickou emisní spektrometrií s indukci vázaným plazmatem (ICP). Kilometrický proběh převodovky při odběru tohoto vzorku byl 103 624 km. Další rozbory devíti vzorků olejů prováděla na objednávku DPMB, a.s. firma Czech Coal Services a.s. Z toho bylo šest vzorků s opotřebením (repasované převodové skříně), a tři vzorky bez opotřebením (převodová skřín bez repase). Vždy se jednalo o převodový olej Mogul Trans 90 HT odebraný v intervalu od 86 910 po 97 626 km. Z dodaných vzorků oleje se provedlo stanovení obsahu prvků kovů pomocí atomové absorpční spektrometrie (AAS) - plamenové metody.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 44
---	-----------------	-----------

6.5.1. Atomová absorpční spektrometrie (AAS)

Atomovou absorpční spektrometrií (AAS) – plamenovou metodou může být kvantitativně stanoveno i stopové množství u více než 50 prvků. AAS využívá specifické vlnové délky světla absorbovaného analyzovaným prvkem. Atomy různých prvků totiž absorbují pro ně charakteristické vlnové délky světla. Analyzovaný kapalný vzorek je do plamene kontinuálně rozprašován ve formě aerosolu (plamenová metoda), který je nejdříve vypařován a tepelně atomizován plamenem (atomizace = získání volných atomů). Plamen je vytvářen palivem a oxidačním plynem. Specifický paprsek světla, jehož zdrojem je dutá katodová výbojka, je vyzařován přes atomizační a měrnou komoru, přičemž je určitá vlnová délka procházejícího světla vyfiltrována z čárového spektra prvku s pomocí monochromátoru. Úbytek intenzity procházejícího světla je přímo úměrný počtu volných atomů stanovovaného prvku v analyzovaném vzorku [14] [15].

6.5.2. Optická emisní spektrometrie (ICP)

Optická emisní spektrometrie s indukci vázaným plazmatem je převážně používána pro analýzu kapalných vzorků. Z roztoku je generován zamlžovacím zařízením jemný aerosol, který je nosným plynem vnášen do indukčně vázaného plazmového zdroje generovaného v proudu pracovního plynu, nejčastěji argonu. Ve výboji je aerosol vysušen, odpařen, atomizován a volné atomy jsou excitovány, případně ionizovány a excitovány. Excitace a emise probíhají na úrovni valenčních elektronů [34].

6.6. Výsledky rozborů olejových náplní

Výsledky rozborů olejových náplní nemají pro zjištění příčin opotřebení žádnou vypovídající hodnotu, protože hodnoty měřených otěrových kovů v jednotlivých vzorcích se hodně liší. Tabulka s výsledky a vyhodnocením je zobrazena v **(Příloha 5)** a **(Příloha 14)**. Vzorky jsou označeny podle evidenčního čísla vozu a nápravové převodovky (údaj v závorce, číslováno od čela tramvaje). Červeně označené vzorky byly odebrány z poškozených repasovaných převodových skříní. Poslední červeně označený sloupec v tabulce je výsledek rozboru od firmy ALS ČR (označeno ALS). Zeleně označené vzorky pocházejí z nerepasovaných převodových skříní. Mezi zkoumanými prvky je měď, železo, olovo, hliník, chrom a křemík. V dolní části tabulky je uvedena viskozita oleje při 100°C, kilometrický пробěh vozu v době odběru oleje a kdo odběr prováděl. Vyhodnocení výsledků bylo provedeno pomocí variačního koeficientu, tedy podílu směrodatné odchylky a střední hodnoty, který je charakteristikou variability rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 45
---	-----------------	-----------

Vysoká míra variability je u všech měřených prvků, největší u železa. Naopak nízkou míru variability má viskozita oleje a kilometrický proběh. Nelze jednoznačně určit hranici, kdy množství otěrových kovů odpovídá běžnému provoznímu opotřebení, a kdy už se jedná o opotřebení nadměrné. Pro objektivní stanovení této hranice by bylo nutné analyzovat více vzorků. V olejích odebraných z nerepasovaných skříní jsou tyto hodnoty většinou podstatně nižší při podobném kilometrickém proběhu jako u skříní repasovaných. Nicméně i u skříní, které repasí neprošly, jsou hodnoty některých prvků vysoké a srovnatelné s převodovkami poškozenými. Proto také nelze ze získaných výsledků jednoznačně určit převažující prvek, který by poukazoval na možnou příčinu opotřebení. Na výsledné hodnoty může mít podstatný vliv i skutečnost, že se rozbory u Czech Coal Services a.s. prováděly ve dvou etapách a pokaždé odběr oleje prováděla jiná osoba. Při pohledu do tabulky výsledků je zřejmé, že se hodnoty hodně odlišují právě podle toho, kdo odběr prováděl. Záleží také jakým způsobem a v kterých místech byl olej odebíráán.

Vyšší hodnoty mědi pocházejí zřejmě z poškození klece ložisek. Výskyt křemíku může být způsoben uvolňováním těsnícího tmelu, který má silikonový základ, do oleje, ale nemusí mít negativní vliv na zvýšení otěru. Případně se může jednat o zbytky křemičitého písku z odlitkových forem, protože vnitřní stěny převodových skříní nejsou po odlití nijak opracovány. Písek se tak může během provozu do oleje uvolňovat. Ostatní měřené prvky pocházejí z provozního opotřebení sestavy převodovky.

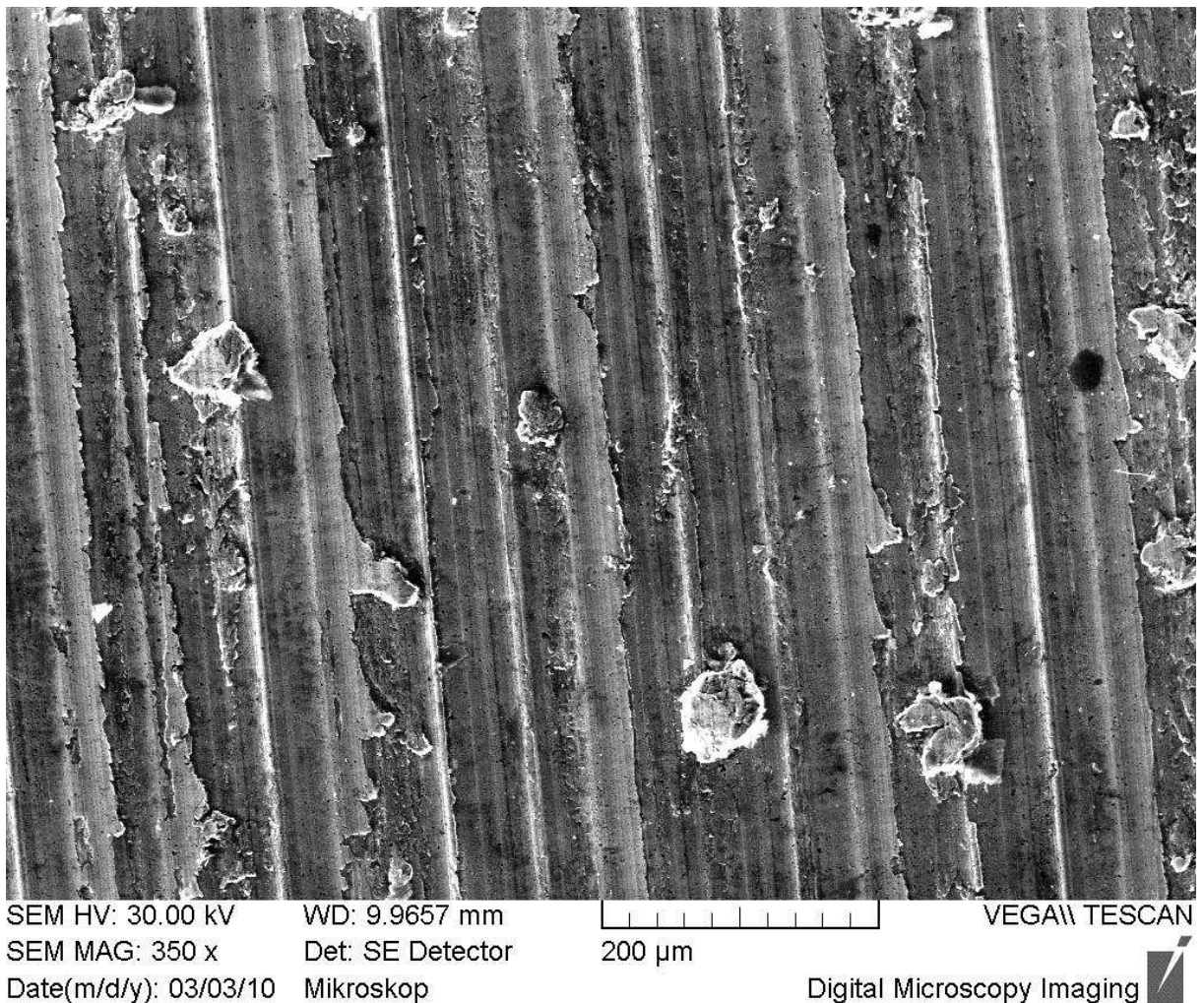
6.7. Kilometrické proběhy mezi výměnou oleje

Jak vyplývá z (**Tab. 4**) je kilometrický proběh mezi výměnami oleje u DPMB, a.s. ve srovnání s ostatními podniky v průměru. Systém prohlídek, počet vozů, dílenská kapacita a relativně vysoká cena převodového oleje ani moc neumožňuje zkracování kilometrických proběhů mezi výměnami oleje. Zvláště za předpokladu, že u nerepasovaných převodovek nejsou žádné provozní problémy. Naopak by bylo z ekonomického hlediska přínosnější kilometrické proběhy prodloužit. Například použitím oleje Castrol Optigear s možností filtrace a sedimentace po vzoru DP Praha. Poté by bylo možné olej použít dalších cca 100 000 km.

7. Rozbory materiálů

7.1. Rozbor nástřikové hmoty

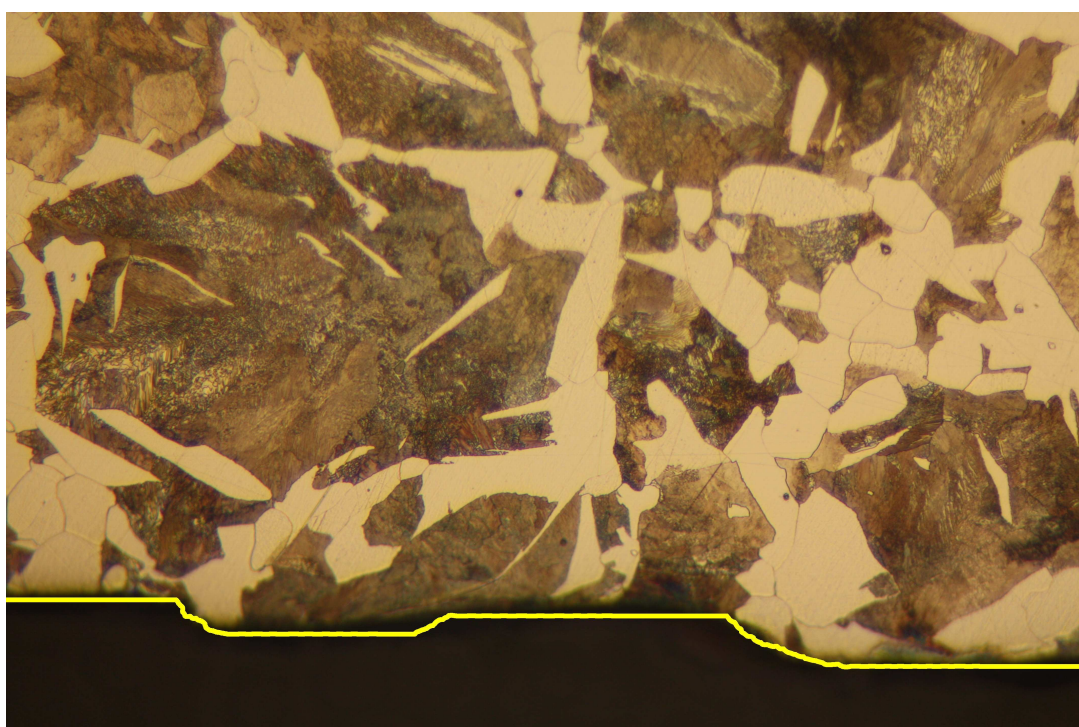
Část materiálu nástřikového kovu byla odebrána ze skříně nápravové převodovky, u které došlo k poškození hypoidního soukolí, v místě uložení vnějšího ložiskového kroužku nápravy. Zkoumaná část materiálu nástřikové hmoty byla umístěna do rastrovacího elektronového mikroskopu VEGA TS 5130 SB. Z (**Obr. 17**), který zachycuje reliéf povrchu při 350-ti násobném zvětšení jsou patrné pravidelné rovnoběžné rýhy, které vznikly vlivem následného obrábění funkční plochy nástřiku. Patrné jsou také drobné otřepy materiálu pocházející buď od obráběcího nástroje nebo případně vznikly při kontaktu funkční plochy skříně s vnějším kroužkem ložiska. Žádné z výše uvedených nedokonalostí materiálu nástřikové hmoty nemůže mít rozhodující vliv na zvýšené opotřebení sestavy hypoidního soukolí.



Obr. 17 Povrch vzorku nástřikové hmoty (350x zvětšení)

Tab. 5 Výsledky plošné chemické analýzy nástřikového kovu

prvek	měření 1	měření 2	měření 3	průměr	certifikát
Al [%]	1,42	2,49	3,02	2,31	0,28
Ti [%]	1,88	2,22	1,76	1,95	3,45
Cr [%]	0,64	0,68	0,43	0,58	-
Mn [%]	0,46	0,51	0,38	0,45	0,36
Fe [%]	0,7	0,84	0,5	0,68	0,02
Ni [%]	94,89	93,26	93,91	94,02	95,54
ostatní [%]	-	-	-	-	0,043

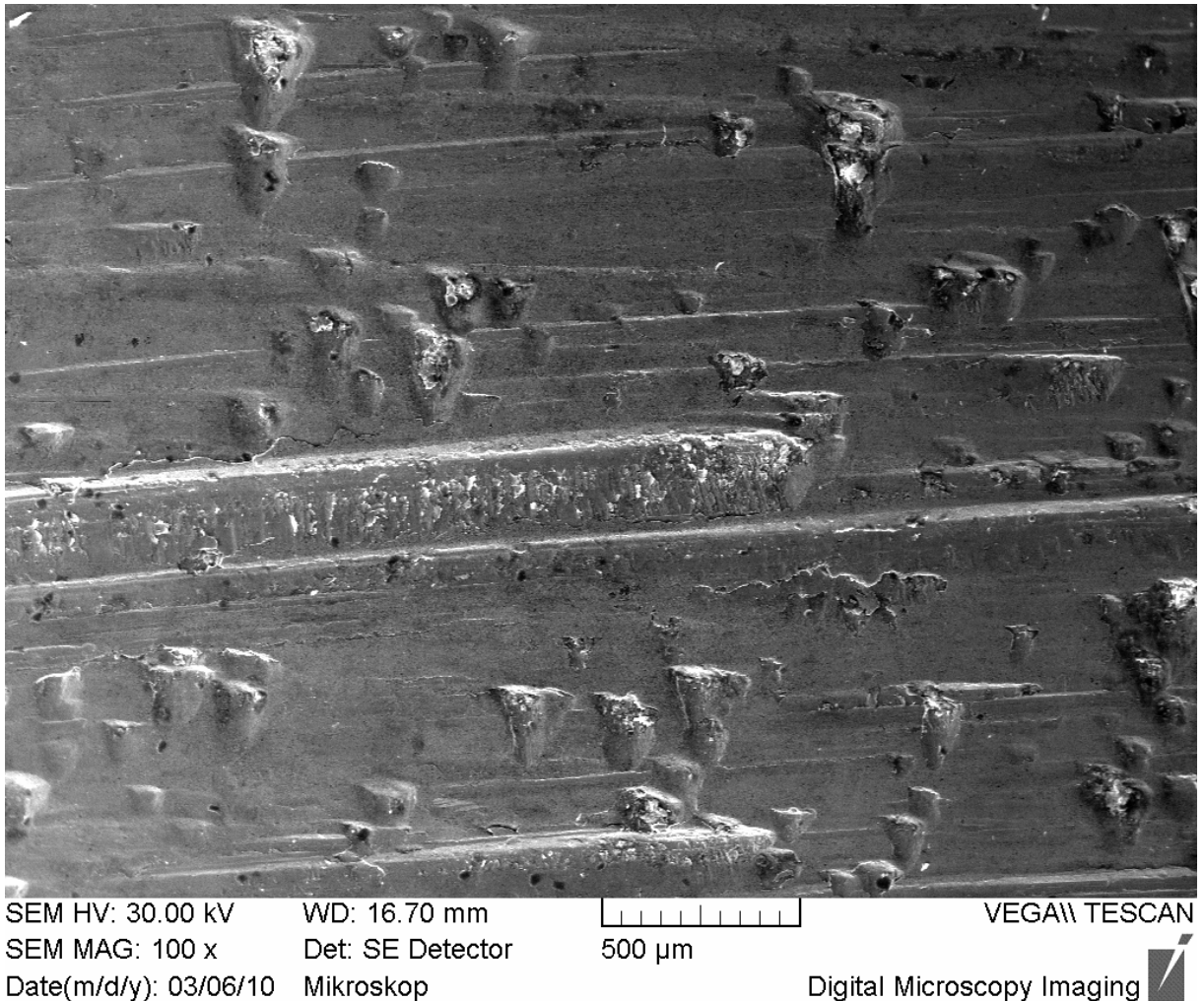


Obr. 18 Reliéf vzorku s feriticko-perlitickou strukturou a vyznačeným rozsahem abrazivního opotřebení označeným žlutě (zvětšeno 200x)

Byla provedena plošná chemická analýza na ploše 100 x 100 μm , která ve všech třech případech měření na různých místech zkoumaného materiálu prokázala NiTi+Fe základ materiálu se stopovým množstvím příměsí. Výsledky měření (**Tab. 5**) a (**Příloha 6÷8**) jsou porovnány s certifikovaným složením tavného drátu o průměru 1,6 mm. Naměřené hodnoty některých příměsí se odlišují. To je ale dáno porovnáváním složení materiálu drátu před tepelným zpracováním (**Příloha 9**) s již zhotoveným nástřikem, který je ještě navíc po provozním opotřebení. Je také potřeba brát v úvahu jistou chybu měření, která činí průměrně u niklu až 2,2% a v případě ostatních kovů jde o chybu do 0,1%. Proto lze tvrdit, že chemická analýza materiálu nástřikového kovu řádově koresponduje s certifikovanými hodnotami.

7.2. Rozbor mazacího kroužku pastorku

Mazací kroužek uložení pastorku byl jako nejvíce poškozená součást podroben zkoumání. Nejprve na světelném mikroskopu NEOPHOT 21. Na reliéfu části vzorku byly patrné stopy po abrazivním opotřebení. Následně byl shodný vzorek naleptán 4% roztokem NITAL ($\text{HNO}_3 + \text{CH}_2\text{H}_6\text{O}$) a opět vložen do světelného mikroskopu, kde byla zřejmá jeho feriticko-perlitická struktura s obsahem sulfidů manganů (**Obr. 18**). Plošná chemická analýza prokázala správnost užitého materiálu uváděného technickou dokumentací.



Obr. 19 Povrch části vzorku mazacího kroužku s patrnými vrypy (zvětšeno 100x)

Další vzorek části mazacího kroužku pastorku byl umístěn do rastrovacího elektronového mikroskopu VEGA TS 5130 SB. Na získaném snímku (**Obr. 19**) jsou naprosto zřejmé stopy po abrazivním opotřebení v podobě vrypů způsobených drobnými částicemi, řádově o velikosti 150 μm (zvětšeno 100x), které se do povrchu mazacího kroužku zapichovaly a následně se při dalším relativním pohybu

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 49
---	-----------------	-----------

vůči vnějším kroužkům mazaných ložisek vydrolovaly a dostávaly se spolu s mazacím médiem a základním materiálem kroužku zpět do olejové vany převodovky. Tímto mechanismem došlo k poškozování jak samotného mazacího kroužku, tak i vnějších kroužků mazaných ložisek. Na některých místech vzorku byly pozorovatelné rovnoběžné rýhy způsobené částicemi abraziva ještě v době, kdy byl mazací kroužek pevně usazen mezi mazaná ložiska bez relativního pohybu vůči nim. Takto docházelo k úbytku materiálu mazacího kroužku téměř až o 1 mm oproti rozměrům nového kroužku.

7.2.1. Abrazivní opotřebení

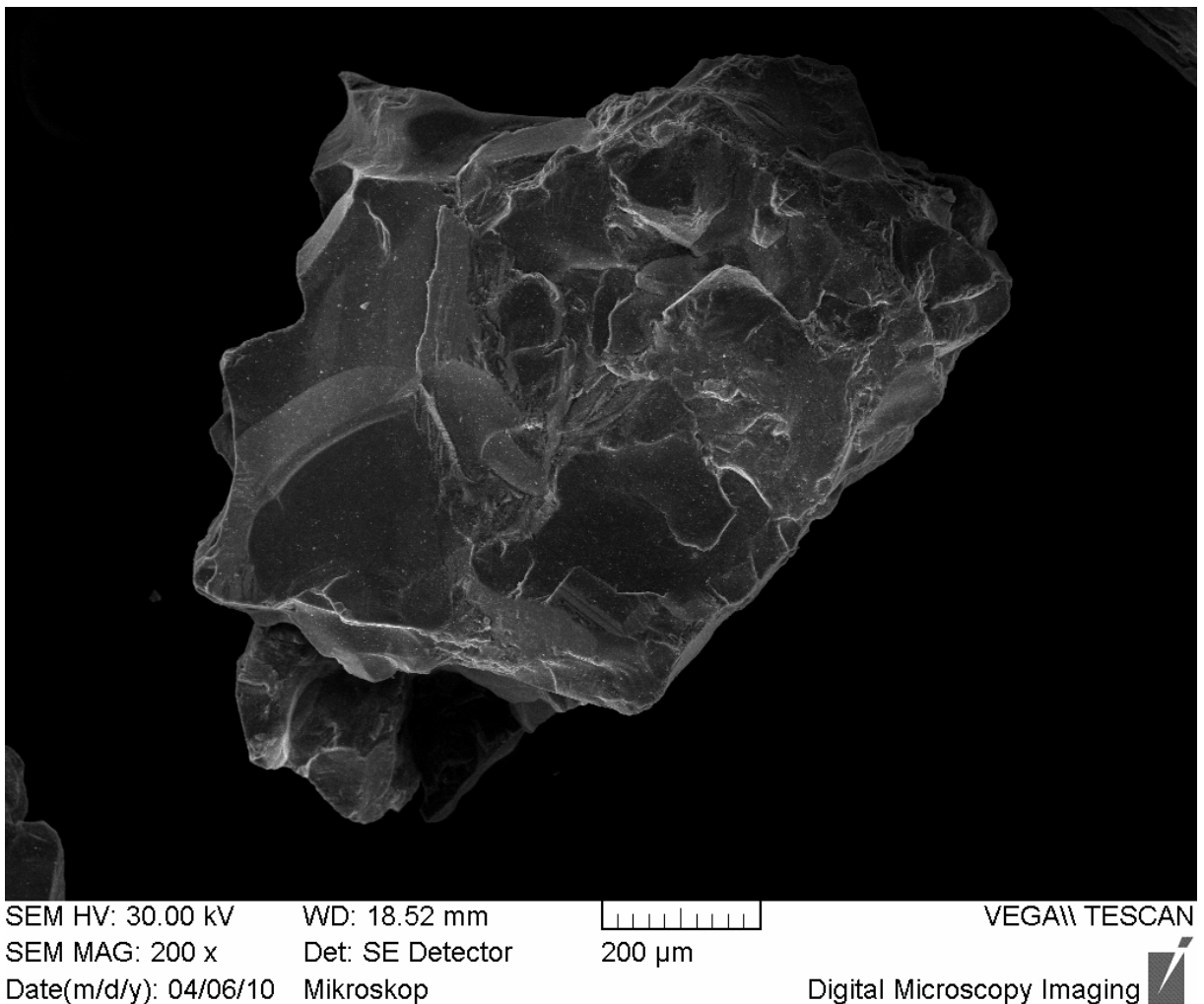
Abrazivní opotřebení je charakteristické oddělováním částic z funkčního povrchu působením tvrdého a drsného povrchu druhého tělesa – abrazivní částice. Typickým projevem abrazivního opotřebení je vznik rýh na povrchu funkční plochy. Počet vzniklých rýh bude nepřímo úměrný velikosti abrazivní částice, šířka rýhy odpovídá přibližně 10 až 20 % průměru částice. V praxi se abrazivní opotřebení projevuje např. opotřebením zubů lžíce rypadel nebo vznikem rýh na pístu a pouzdrů válce spalovacího motoru.

Velikost opotřebení je zjednodušeně řečeno závislá na poměru tvrdosti funkční plochy a abrazivní částice. Obecně platí, že čím tvrdší je abrazivo, tím měkčí musí být povrch funkční plochy a opačně. Proto se například velmi osvědčilo použití měkčených plastů jako ochranného povlaku potrubí pro dopravu písku. Účinně se lze bránit vzniku abrazivního opotřebení u spalovacích motorů dobrou filtrací nasávaného vzduchu současně s filtrací motorového oleje.

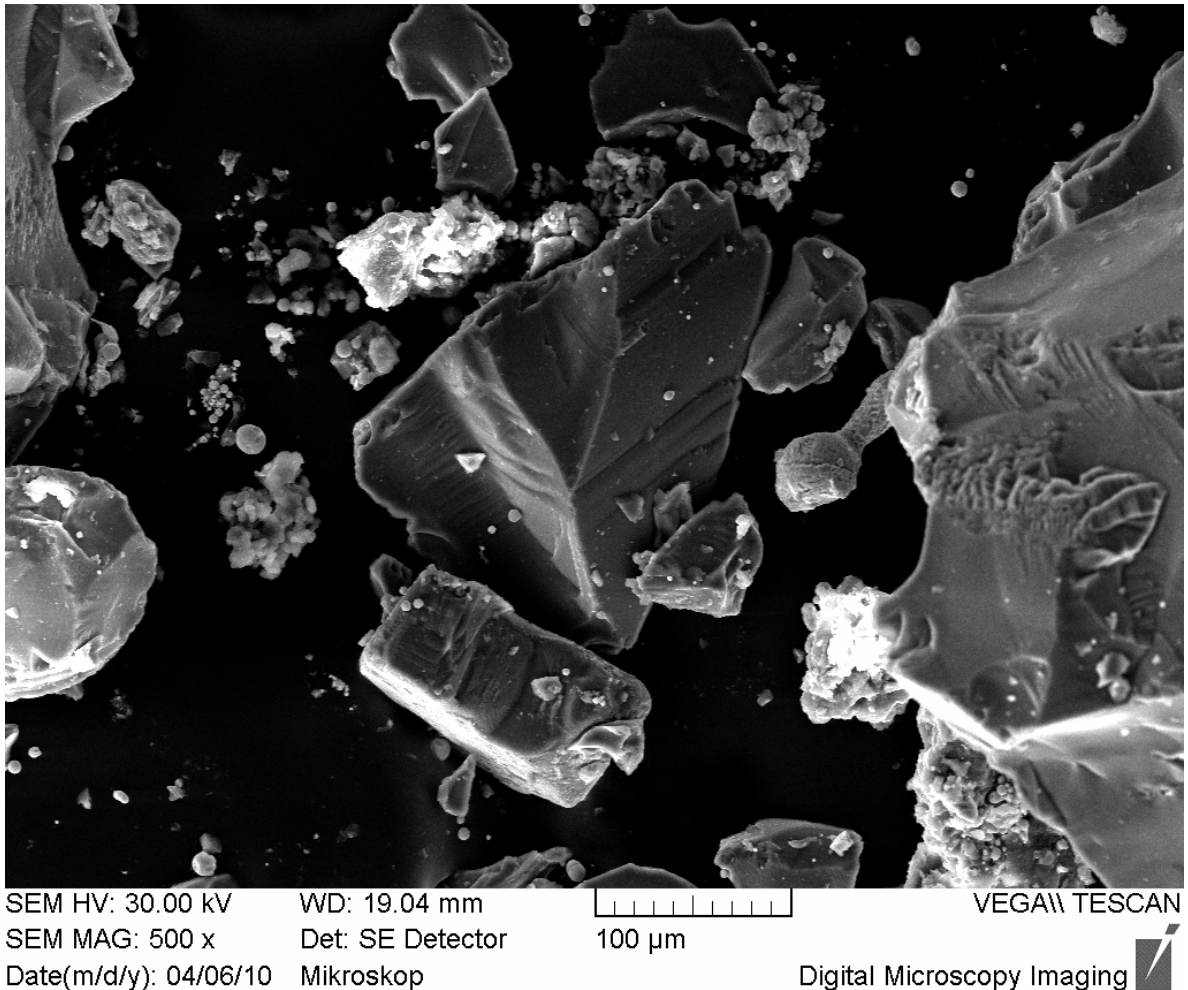
K abrazivnímu opotřebení dochází v případě, jsou-li v kontaktu materiály, z nichž jeden je výrazně tvrdší než druhý, nebo vyskytují-li se mezi pohybujícími se povrchy cizí tvrdé částice. V závislosti na geometrii nerovností povrchu a tvaru abrazivních částic dochází při vzájemném pohybu k plastické deformaci (ploughing) či odřezávání (cutting) měkčího povrchu. Princip abrazivního opotřebení je v zásadě shodný s principem obrábění či broušení materiálu. Hraje v něm roli řada faktorů, souvisejících s vlastnostmi opotřebovaného materiálu (tvrdost), s vlastnostmi abrazivních částic (tvrdost, křehkost, velikost) a s podmínkami opotřebení (zatížení, relativní rychlost pohybu povrchů). Jedná se o nejrozšířenější mechanismus opotřebení – je zodpovědný za 80-90% veškerého opotřebení [33].

7.3. Rozbory písků

Abrazivní opotřebení drobnými částicemi již od počátku směřovalo podezření na písek, který zbyl ve skříni po tryskání. Z rozborů olejů se nedalo zcela jasně definovat, zda jde o písek křemičitý, který na stěnách neopracovaných převodových skříní zůstával ještě z licích forem nebo písek na bázi korundu používaný k tryskání. Zrnka písku byla nalepena na uhlíkovou pásku a následně kvůli vodivosti pozlacena, poté byla umístěna do rastrovacího elektronového mikroskopu VEGA TS 5130 SB. Nejprve se posuzoval čistý písek Al_2O_3 určený pro tryskání (před použitím) (**Příloha 10÷11**). Velikost i tvar dosud nerozlámaného zrna korundového (Al_2O_3) písku při 200 násobném zvětšení je patrná na (**Obr. 20**). Při porovnání se vzorkem písku z již tryskané převodovky je vedle ostrých zrn roztříštěného Al_2O_3 písku patrná i malá kulatá zrnka křemičitého písku při 500 násobném zvětšení (**Obr. 21**). Je naprosto zřejmé, že vrypy v mazacím kroužku a ložisek pastorku způsobil právě Al_2O_3 písek.



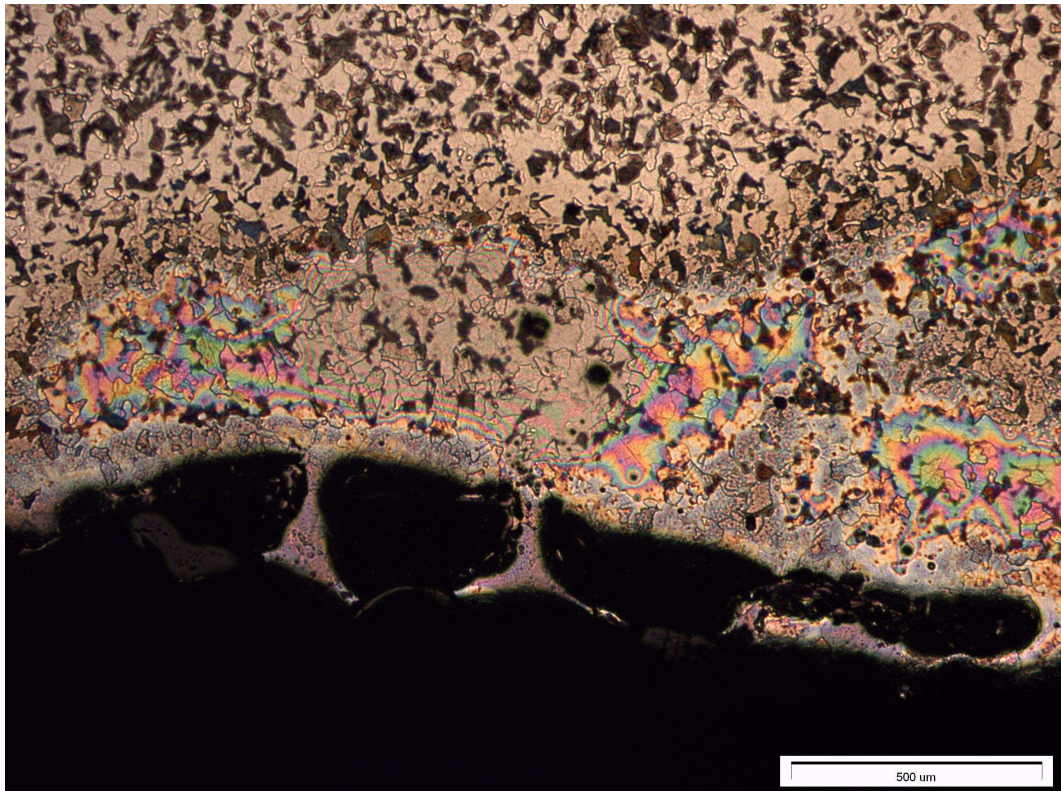
Obr. 20 Zrnko Al_2O_3 písku před tryskáním (zvětšeno 200x)



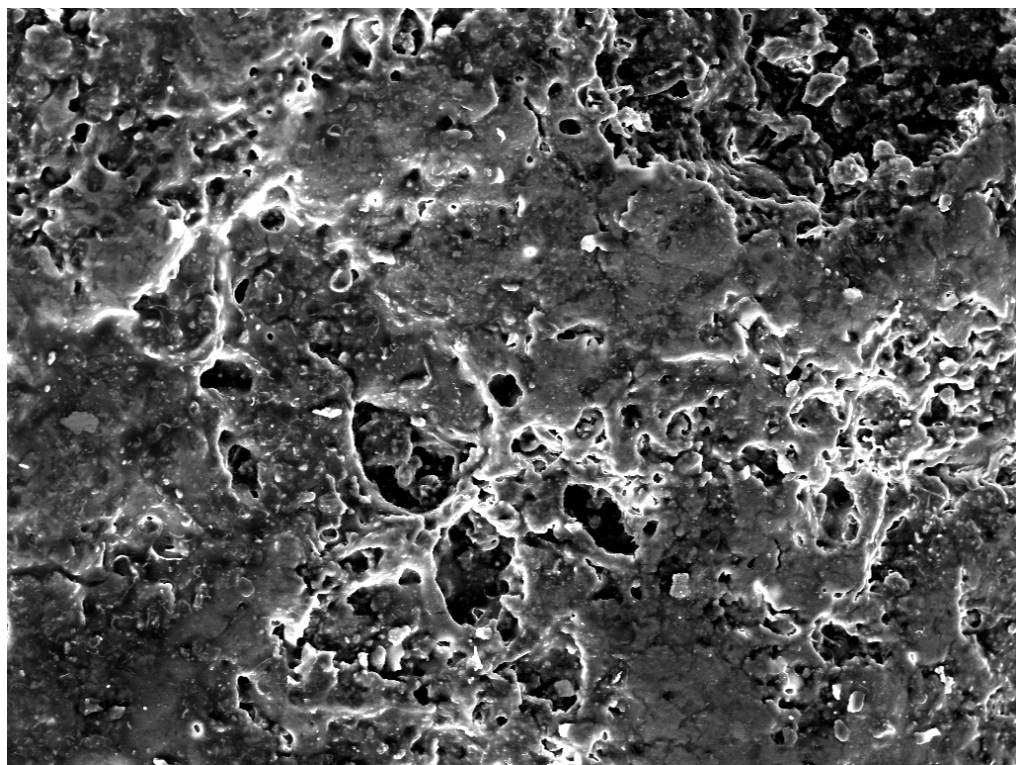
Obr. 21 Uprostřed a vpravo patrné špičaté úlomky Al_2O_3 písku a drobné kulaté částičky křemičitého písku okolo (zvětšeno 500x)

7.4. Rozbor materiálu převodové skříně

I materiál převodové skříně byl podroben zkoumání, aby se prokázala jakost materiálu deklarovaná dokumentací. Část vzorku materiálu odebraného ze dna dolního dílu skříně nápravové převodovky byl vložen nejprve neleptaný do světelného mikroskopu NEOPHOT 32. Uvnitř materiálu byly patrné řediny, které se u materiálu daného technickou dokumentací dají předpokládat. Naleptaný povrch potom ukázal feriticko-perlitickou strukturu materiálu (**Obr. 22**). Na vzorku jsou patrné povrchové nerovnosti licí kůry. Poróznost materiálu dokazuje i (**Obr. 23**) zobrazující povrch vzorku na rastrovacím elektronovém mikroskopu VEGA TS 5130 SB. Do těchto porézních skulinek se mohou dostat při tryskání drobnější úlomky korundového písku, které se později nemusí podařit vymýt a při dlouhodobějším působení oleje se pak mohou tato zrnka dostávat do olejového okruhu.



Obr. 22 Feriticko-perlitický základní materiál a reliéf povrchu s řadou dutinek



SEM HV: 30.00 kV WD: 14.06 mm VEGA\\ TESCAN
SEM MAG: 200 x Det: SE Detector 200 µm
Date(m/d/y): 04/06/10 Mikroskop Digital Microscopy Imaging

Obr. 23 Neopracovaný povrch dolní části skříně s dutinkami (zvětšeno 200x)

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 53
---	-----------------	-----------

8. Nátěry převodových skříní

Podle výkresové dokumentace by měl být na vnitřní povrch horní i dolní části převodové skříně nanášen ochranný nátěr C 2121 (nitrocelulózová barva - NICEL). Bohužel z neznámých příčin se tento nátěr při opravách (tzn. i po repasích) neprováděl. Až po zjištění problému s repasovanými převodovkami se začal nátěr vnitřní části převodové skříně opět provádět, avšak vzhledem k pracovním podmínkám na pracovišti oprav nápravových převodovek nešlo použít dokumentací předepsanou nitrocelulózovou barvu C2121. Nyní se užívá vodou ředitelná antikorozi barva Balakryl Antikor, která není na rozdíl od níže uvedených typů barev určena pro prostředí vystavené účinkům minerálních olejů.

8.1. Nátěr C2121 (NICEL)

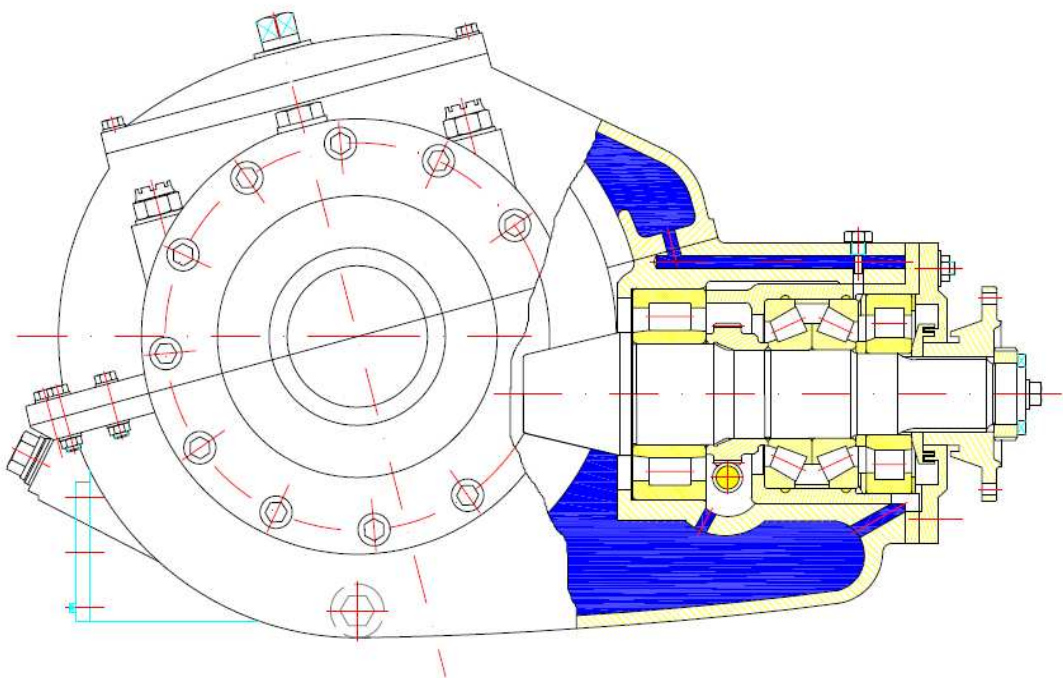
Vrchní barva C 2121 NICEL je určena pro ochranné nátěry ploch vystavených působení minerálních olejů (odolnost dle ČSN 67 4300), např. převodových skříní. Nátěr je možno provádět stříkáním, máčením, poléváním nebo štětcem. Barva se nanáší přímo na předem připravený čistý, suchý kovový podklad v jedné až dvou vrstvách, v intervalu jedné až dvou hodin. Jako ředidlo je vhodné použít C 6000 [18][18].

8.2. Nátěr Balakryl Disodol (V 2060)

Barva je speciálně určena k nátěrům převodových skříní a zařízení, které chrání před účinky minerálních olejů. Je možno ji také použít k základním nátěrům dobře odmaštěných, suchých a čistých železných, ocelových a litinových předmětů, pokud nejsou vystaveny povětrnostním vlivům. Rychlé zasychání, odolnost nátěru minerálnímu oleji, až do teploty 150 °C, dobrá krycí schopnost, elastický a houževnatý charakter nátěrového filmu jsou hlavní přednosti této barvy. Barvu je možné nanášet štětcem, máčením nebo stříkáním. Barva je suchá na dotyk již za dvě hodiny, avšak další nátěr je možné nanášet za šest až osm hodin. Barva není vhodná na lehké kovy [17].

9. Řešení problematiky opotřebení

V jakémkoliv případě opravy poškozené převodové skříně je nutné zavést vhodný způsob pozdější identifikace těchto převodovek v provozu. Nejlépe vyražením nějakého znaku do určitého místa skříně vystihující způsob renovace (např. nástřik – N, pouzdro – P). Bylo by také vhodné evidovat, na kterém voze se vyskytují renovované převodovky a alespoň ze začátku jim v provozu věnovat zvýšenou pozornost, případně u těchto převodovek provádět namátkovou kontrolu olejové náplně zaměřenou na přítomnost otěrových kovů v oleji.



Obr. 24 Detail převodovky s modře vyznačenými problematickými místy

9.1. Zamezení vniknutí písku do skříní převodovek

Před prováděním renovace žárovým nástřikem dochází k tryskání ploch povrchu skříní určených k renovaci pískem na bázi korundu (Al_2O_3), který při tryskání vniká téměř do všech částí převodové skříně. Písek zůstává ve skříních převodovky i po provedení žárového nástřiku, zvláště v místech těžko dostupných pozdějšímu vymývání a čištění (**Obr. 24**). Jde zejména o mazací kanálek nad pastorkem, olejovou kapsu pod uložením pastorku. A dále sběrací místa oleje v horní části převodové skříně. Vymývání a čištění již provádí DPMB, a.s. svými prostředky. Jedná se o tlakovou vodu a vzduch, případně mycí a odmašťovací zařízení s použitím chemického přípravku ADS HEAT SOLVE ACTIVATOR. Tyto metody jsou proti zbytkům písku z tryskání evidentně neúčinné a jiné další prostředky na vymytí

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 55
---	-----------------	-----------

a čistění nejsou v podmínkách ÚD Medlánky k dispozici. Proto je nutné dále konzultovat s dodavatelem nějaké řešení, aby se písek při tryskání nedostal do problematických partií převodové skříně. Případně úplně zamezit prostupu písku mimo místa nutná k tryskání, nebo změnit typ abraziva, pokud je to ovšem vůbec možné. Kvůli porózitě materiálu vnitřní neopracované části převodové skříně by bylo vhodné přistoupit k provádění předepsaného nátěru C 2121 (NICEL), alternativně je možné použít Balakryl DISODOL. Vždy je nutné provést alespoň dvě vrstvy nátěru.

9.2. Obrobení dílů skříně a výroba pouzdra

Další možností, jak se vyhnout problému s tryskacím pískem je neprovádět renovace nástřiky. Poškozený díl převodovky obrobit na jednotný větší průměr. Bohužel během provádění repasování nebyly vedeny žádné záznamy o rozsahu poškození skříně v místě uložení ložisek, proto nelze jednoznačně určit jednotnou hodnotu vnějšího průměru, do kterého by se po obrobení všechny skříně musely vejít. Potom by se nechaly vyrobit kovová pouzdra z materiálu 14 220, která by vyplňovala prostor mezi vnějším kroužkem ložiska a nově obrobeným povrchem obou dílů skříně v místě uložení ložisek. Při sestavě dvou jednořadých kuličkových ložisek 6222 na pravé straně převodovky a jednoho jednořadového kuličkového ložiska 6222 na levé straně by šlo o výrobu dvou pouzder, pravého a levého (**Příloha 12**) a (**Příloha 13**). Obě pouzdra (pravé a levé) musejí svým vnitřním průměrem pouzdra respektovat maximální průměr ložiska 6222 (200 mm). Vnější průměr pouzdra je volen 204 mm, ale může se s ohledem na opotřebení libovolně měnit do maximálního průměru 208 mm, kdy je limitován obrobitelným povrchem skříně. Vnitřní a vnější část obou pouzder musí být ke skříně a vnějšímu ložiskovému kroužku přilepena průmyslovým lepidlem (nejvhodnější řada lepidel Loctite), tak aby bránila vzájemnému pootočení.

9.3. Aplikace lepidla Loctite 660

V případě, že je opotřebení do 0,5 mm není třeba obrábění vůbec provádět. Stačí mezi poškozený povrch skříně a ložisko nanést lepidlo Loctite 660 Quick Metal, které je určeno pro spojování válcovaných součástí, zejména tam, kde může lepená spára dosáhnout až 0,5 mm. Produkt vytvrzuje bez přístupu vzduchu ve spáře mezi lepenými kovovými povrchy a zabraňuje uvolnění či prosakování spoje, způsobené vibracemi a rázy. Typické aplikace Loctite 660 zahrnují obnovení správného uložení součástí na opotřebovaných hřídelech, upevnění vymačkaných ložisek a obnovení uložení pera ve vymačkané drážce. Používá se pro opravy válcových součástí bez jejich obrábění [24].

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 56
---	-----------------	-----------

10. Závěr

Problém s nadměrným opotřebením převodových skříní po renovaci žárovým nástřikem způsobuje zcela jednoznačně písek na bázi korundu (Al_2O_3) používaný na tryskání povrchu před aplikací žárového nástřiku. Písek nebyl po provedení repase dostatečně vymyt z hůře přístupných míst skříně převodovky a také z neopracované povrchové pórovité vrstvy vnitřní části převodové skříně. Proto je třeba dbát po provedení dalších repasí na čistotu převodové skříně. Zvláště zvážit možnost zamezení vniknutí částic písku během tryskání do nepřístupných míst. Nebo nejlépe úplně vyloučit prostup částic písku mimo místa určená k tryskání. K zlepšení situace by také určitě pomohlo opětovné zavedení předepsaného vnitřního ochranného nátěru skříně převodovky, který se do odhalení problému s repasovanými převodovkami neprováděl.

Další možností, jak se vyhnout celému procesu renovace, je obrobení dílů převodové skříně v místech uložení nápravových ložisek do jednotného rozměru a následné vložení pouzdra mezi ložiska a nově obrobený povrch sedel s aplikací průmyslového lepidla proti vzájemnému protočení. V případě opotřebení do 0,5 mm postačuje aplikace vhodného průmyslového lepidla. Za zkoušku by také stálo aplikování soudečkových ložisek namísto jednořadých kuličkových ložisek, podobně jako u dopravního podniku Ostrava, kde se toto řešení ukázalo jako bezproblémové. V každém případě je nutné zavést systém identifikace převodovek v provozu. Tzn. dbát na označení renovovaných dílů převodovek a věnovat jim zvýšenou pozornost při kontrole olejových náplní s případnou namátkovou analýzou oleje.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 57
---	-----------------	-----------

11. Seznam použité literatury

- [1] BELJAJEV, N.M., *Pružnost a pevnost II*. Praha: SNTL 1954, 348 s.
- [2] BOHÁČEK, F. *Části a mechanismy strojů III. – Převody*. Brno: VUT Brno, 1987. 267 s.
- [3] BUREŠ, J. *Kuželová kola s obloukovým ozubením Gleason*. Praha: SNTL 1962 – Knižnice strojírenské výroby 76. svazek, 135 s.
- [4] HRDLIČKA, P. *Hypoidní převody - disertační práce*. Praha: 1968
- [5] KLETEČKA, J.; FOŘT, P. *Technické kreslení*. Brno: CP Books, a.s., 2005. 253 s. ISBN 80-251-0498-2
- [6] LAINVEBER, J.; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky – druhé doplněné vydání*. Úvaly: ALBRA, 2005. 908 s. ISBN 80-7361-011-6
- [7] MÄURICH, G., STÖßEL, G., MATTHES, H. *Straßenbahnen*. Berlin:VEB, 1978, 257 s., Nr. 565 840 4
- [8] NEJEPSA, R., ŠÍBA, J. *Kolejová vozidla II. 2. část*. Praha: ČVUT v Praze, 1986. 241 s.
- [9] TOWNSEND, D. P. *Dudley's gear handbook*. USA: Lewis Research Center, NASA 1992 , ISBN 0-07-017903-4
- [10] VÁVRA, P., KŘÍŽ, R. a kol., *Strojírenská příručka 6, svazek, 1. vydání*. Praha: SCIENTIA, 1995., 291 s. ISBN 80-85827-88-3
- [11] Interní materiály DPMB, a.s., *Směrnice T01r1 – Údržba a opravy tramvají*
- [12] Interní materiály DPMB, a.s., *Výkresová dokumentace nápravových převodovek*
- [13] Katalog náhradních dílů tramvajového vozu T3 (mechanická část). ČKD Praha
- [14] Atomová absorpční spektrometrie – Linde Gas [on-line]. c2010, poslední verze 14.5.2010 [cit. 2010-05-14] Dostupné z: <http://www.linde-gas.cz>
- [15] Atomová absorpční spektrometrie [on – line] c2010, poslední revize 19.5.2010 [cit. 19.5.2010] Dostupné z: www.fzp.ujep.cz/ktv/uc_texty/inan/inan_3.doc
- [16] BMHD, Brněnská MHD [on-line]. c2002-2010, poslední revize 5.5.2010 [cit. 5.5.2010] Dostupné z: www.bmhd.cz
- [17] Katalog barev ChemWEB [on-line]. c2004-2010, poslední revize 1.5.2010 [cit. 2010-04-30] Dostupné z: <http://vyrobky.chemweb.cz/i-44-DISODOL--V-2060>
- [18] Katalogové listy barev od firmy Colorlak [on-line]. c1992, poslední revize 1.5.2010 [cit. 2010-02-14] Dostupné z: http://www.krotil.cz/drogerie/colorlak/katalogove_listy/katalogove_listy.html

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 58
---	-----------------	-----------

- [19] Klasifikace a specifikace automobilových převodových olejů - Valar motor oil [on-line]. c2010, poslední verze 14.5.2010 [cit. 2010-05-14] Dostupné z: <http://www.valar.cz/klasifikace.php?id=2>
- [20] Oficiální stránky Dopravního podniku města Brna, a.s. [on-line]. c2010, poslední revize 19.5.2010 [cit. 2010-05-19] Dostupné z: www.dpmb.cz
- [21] Oficiální stránky firmy DTD FUTURE, s.r.o. [on-line]. c2010, poslední revize 5.5.2010 [cit. 2010-05-05] Dostupné z: <http://www.dtdfuture.cz/>
- [22] Oficiální stránky firmy Graessner [on-line]. c2001-2010, poslední verze 14.5.2010 [cit. 2010-05-14] Dostupné z: <http://www.graessner.com/cz/>
- [23] Oficiální stránky firmy HI-OIL, s.r.o. [on-line]. c2006, poslední revize 4.5.2010 [cit. 2010-05-04] Dostupné z: <http://www.hi-oil.cz>
- [24] Oficiální stránky firmy LOCTITE [on-line]. c2006-2009, poslední verze 13.5.2010 [cit. 2010-05-13] Dostupné z: <http://www.loctite.as/>
- [25] Oficiální stránky firmy LubStar, a.s. [on-line]. c2008-2010, poslední revize 4.5.2010 [cit. 2010-05-04] Dostupné z: <http://www.lubstar.cz/cz/>
- [26] Oficiální stránky firmy MITCALC – kuželová soukolí [on-line]. c2010, poslední verze 14.5.2010 [cit. 2010-05-14] Dostupné z: <http://mitcalc.com/doc/gear2/help/cz/gear2.htm>
- [27] Oficiální stránky firmy PARAMO [on-line]. c2010, poslední verze 14.5.2010 [cit. 2010-05-14] Dostupné z: <http://www.paramo.cz/cs/index.html>
- [28] Oficiální stránky firmy PLASMAMETAL, spol. s.r.o. [on-line]. c2008, poslední revize 5.5.2010 [cit. 2010-05-05] Dostupné z: <http://www.plasmametal.cz>
- [29] Oficiální stránky firmy PRAGOIMEX [on-line]. c2010, poslední revize 19.5.2010 [cit. 2010-05-19] Dostupné z: www.pragoimex.cz
- [30] Oficiální stránky firmy SKD TRADE, a.s. – technické parametry trakčních motorů [on-line]. c2010, poslední verze 19.5.2010 [cit. 2010-05-19] Dostupné z: <http://www.skd.cz/firma/index.htm>
- [31] Oficiální stránky firmy WIKOW [on-line]. c2010, poslední verze 14.5.2010 [cit. 2010-05-14] Dostupné z: <http://www.wikov.cz>
- [32] Oleje.cz [on-line]. c2005-2009, poslední revize 4.5.2010 [cit. 2010-05-04] Dostupné z: <http://oleje.cz/>
- [33] Opatřeben strojních soustav a vznik poruch [on-line]. c2007, poslední revize 11.5.2010 [cit. 2007-10-29] Dostupné z: <http://homel.vsb.cz/~krz011/4kapitola.pdf>
- [34] Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem [on-line] c2010, poslední revize 19.5.2010 [cit. 19.5.2010] Dostupné z: http://cheminfo.chemi.muni.cz/chem_sekce/predmety/C7300/AES/ICP-OES.pdf

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 59
---	-----------------	-----------

[35] Stránky katedry materiálů a strojírenské metalurgie fakulty strojní západočeské univerzity v Plzni [on-line]. c2010, poslední verze 14.5.2010 [cit. 2010-03-28]

Dostupné z: <http://www.kmm.zcu.cz/CD/content/2.html>

[36] Technický list oleje PP 90H [on-line]. c2007, poslední revize 4.5.2010 [cit. 2007-10-09] Dostupné z: http://www.servis-oleju.cz/tech_listy/TL-PP_90H.pdf

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana 60
---	-----------------	-----------

12. Seznam příloh

Příloha 1 - Nápravová převodovka – sestavný výkres 1 (přiložený výkres)

Příloha 2 - Nápravová převodovka – sestavný výkres 2 (přiložený výkres)

Příloha 3 - Graf procentuálního vyjádření složky axiální síly

Příloha 4 - Graf procentuálního vyjádření složky radiální síly

Příloha 5 - Tabulka výsledků a vyhodnocení rozborů olejových náplní

Příloha 6 - Výsledek měření jakosti nástřikového kovu č.1

Příloha 7 - Výsledek měření jakosti nástřikového kovu č.2

Příloha 8 - Výsledek měření jakosti nástřikového kovu č.3

Příloha 9 - Certifikované výsledky jakosti materiálu drátu

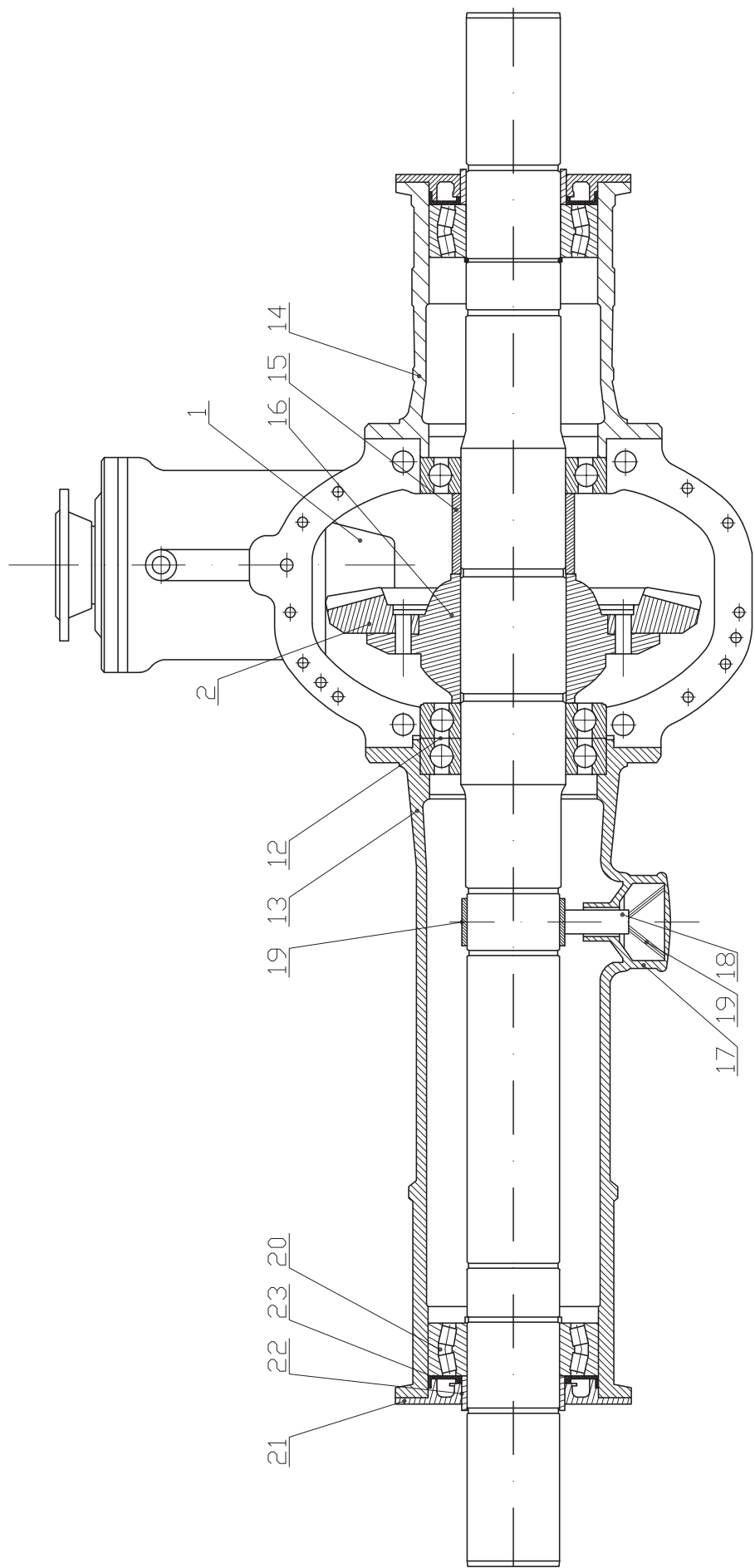
Příloha 10 - Výsledek měření jakosti písku na bázi korundu Al_2O_3

Příloha 11 - Výsledek měření jakosti křemičitého písku

Příloha 12 - Pouzdro 1 – výrobní výkres (přiložený výkres)

Příloha 13 - Pouzdro 2 – výrobní výkres (přiložený výkres)

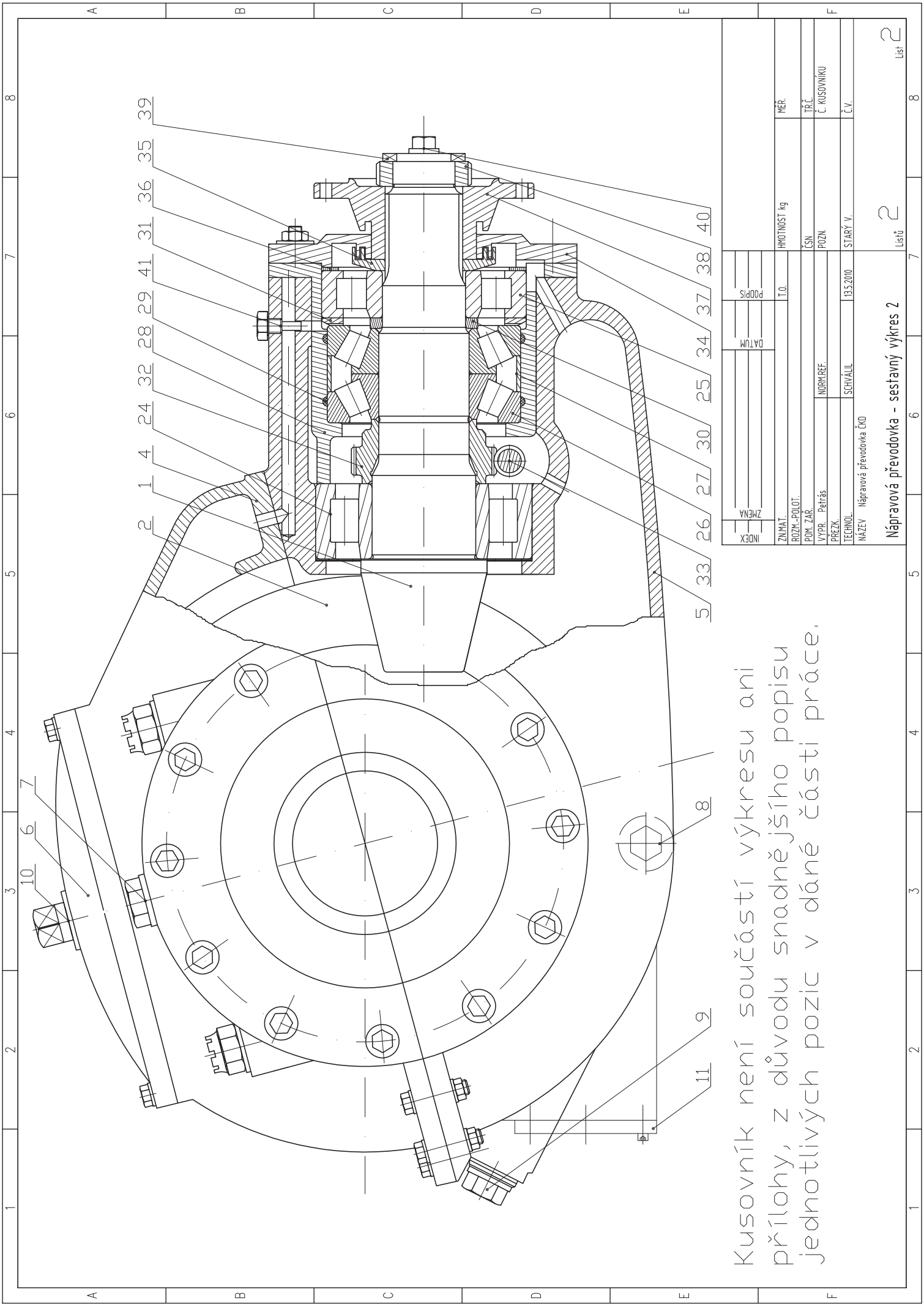
Příloha 14 - Souhrn výsledků olejových rozborů



Kusovník není součástí výkresu ani přílohy, z důvodu snadnějšího popisu jednotlivých pozic v dané části práce.

INDEX	ZMĚNA	POPIS	HMOTNOST kg	MĚR.
ZNAMĚNÍ	T.O.			
ROZMĚR. PODOT.				
POM. ZÁR.	ČSN			TRČ.
VYPR. Petrás	POZN.			Č. KUSOVNIKU
PŘEZK.	NORM. REF.			Č. V.
TECHNOL.	SCHVÁLIL	13.5.2010		
NÁZEV	Nápravná převodovka č.10			

Nápravná převodovky - sestavný výkres 1

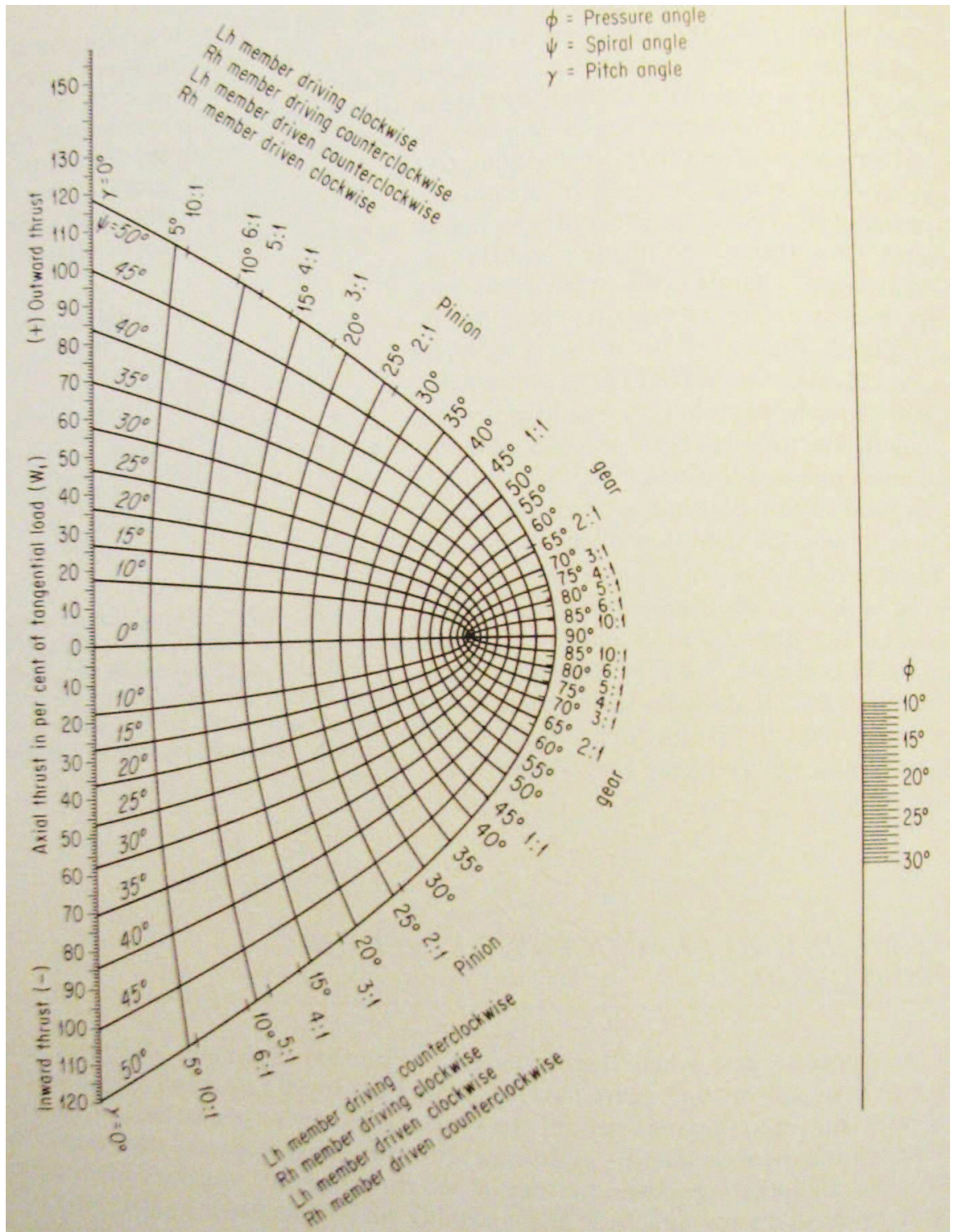


Kusovník není součástí výkresu ani přílohy, z důvodu snadnějšího popisu jednotlivých pozic v dané části práce.

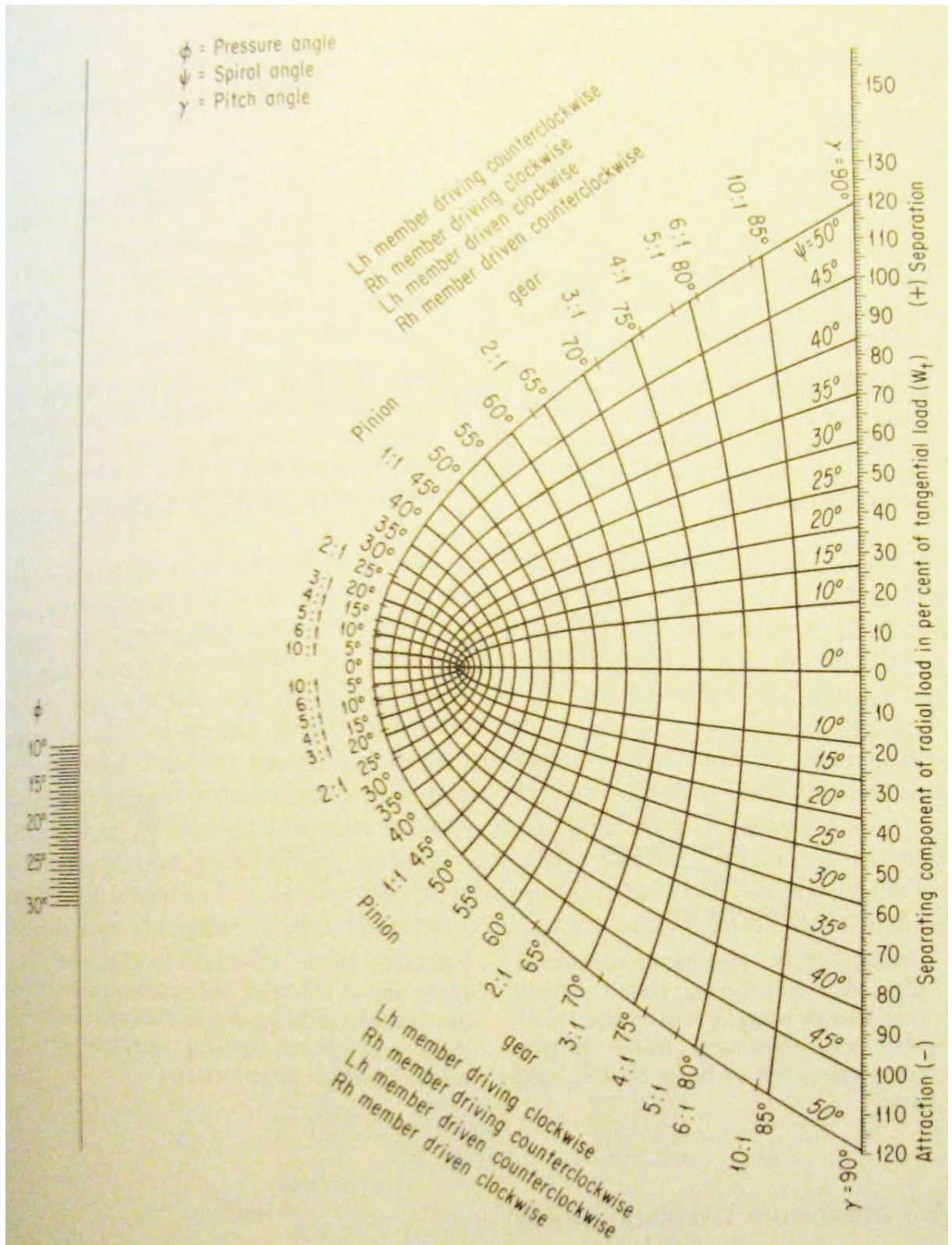
INDEX	ZEMĚNA	POPIS	MEŘ.
ZNĚMAT	T.O.	HMOTNOST kg	
ROZM. - PŮLOT.			
POM. ZAR.	ČSN	TRČ.	
VYPR. - PŘÍRÁS	NORM.PREF.	Č. KUSOVNIKU	
PŘEZK.			
TECHNOL.	SCHVÁLIL	STARÝ V.	
NÁZEV	Nápravná převodovka č.0		

Nápravná převodovka - sestavný výkres 2

Příloha 3 Graf procentuálního vyjádření složky axiální síly



Příloha 4 **Graf procentuálního vyjádření složky radiální síly**



Příloha 5 Tabulka výsledků a vyhodnocení rozborů olejových náplní

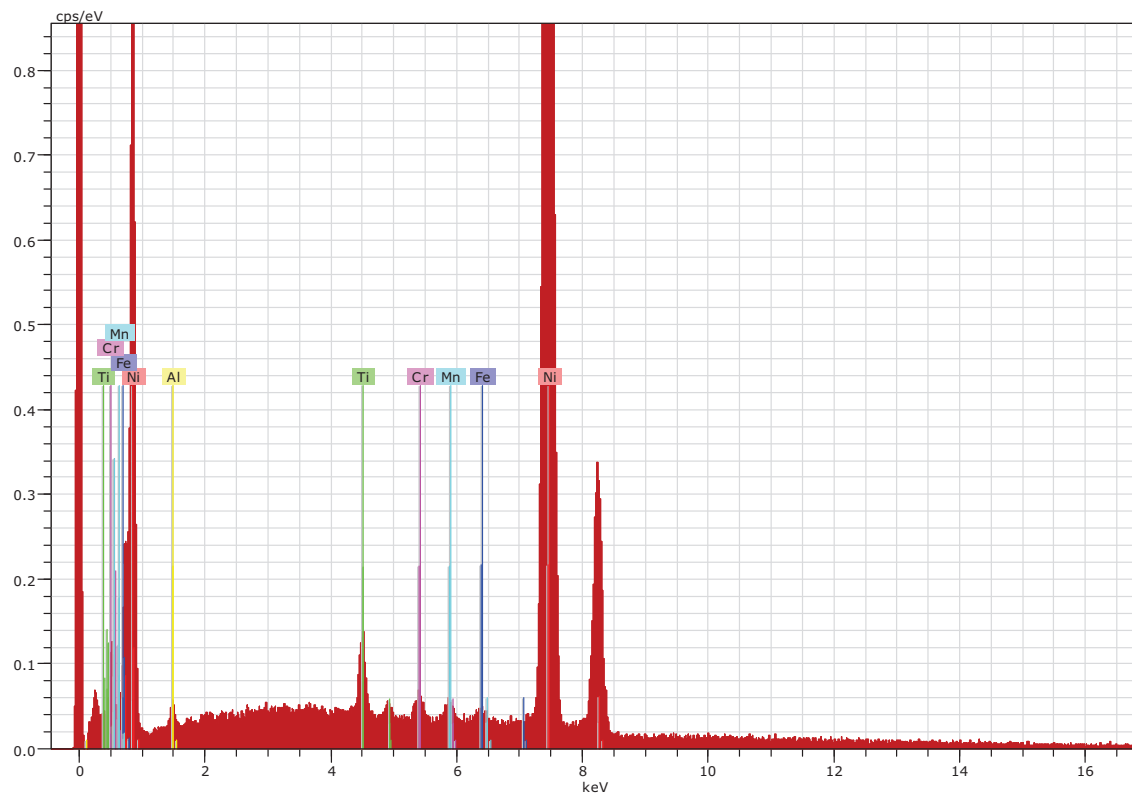
Tabulka výsledků

Vzorek / Prvek	1523 (1)	1523 (4)	1031 (3)	1564 (1)	1564 (2)	1595 (1)	ALS 1635	1083 (1)	1652 (1)	1652 (2)
Cu [ppm]	66,5	60	127	1010,11	224,31	187,9	978	13	476,28	346,17
Fe [ppm]	867,55	848	1178	388,2	261,31	365,61	7490	80	94,54	149,88
Pb [ppm]	57,57	21	26	13,65	7,61	11,56	16,2	2	8,8	5,02
Al [ppm]	90,66	27	160	45,58	6,77	2,17	238	19	8,85	5,27
Cr [ppm]	10,39	8	57	1,94	1,62	1,59	93,2	0,83	1,06	1,71
Si [ppm]	166,27	78	174	21,68	29,31	70,53	147	35,8	15,01	43,03
viskozita [mm ² /s]	15,81	15,82	20,3	16,3	15,78	16,25	-	16,17	15,89	15,89
km proběh	95907	95907	88095	95 926	95 926	95 661	103624	86910	97 626	97 626
datum GO	6.9.2007	6.9.2007	4.12.2007	18.2.2008	18.2.2008	8.2.2008	-	18.12.2007	11.9.2008	11.9.2008
vzorek odebral	Valehrach	Valehrach	Valehrach	Slaný	Slaný	Slaný	-	Valehrach	Slaný	Slaný

Vyhodnocení výsledků

Hodnocení / Prvek	Střední hodnota		Směrodatná odchylka		Variační koeficient	
	repase	bez repase	repase	bez repase	repase	celkem
Cu [ppm]	379,12	278,48	392,88	195,10	103,63%	70,06%
Fe [ppm]	1628,38	108,14	2412,79	30,11	148,17%	27,84%
Pb [ppm]	21,94	5,27	15,59	2,78	71,06%	52,75%
Al [ppm]	81,45	11,04	81,83	5,82	100,47%	52,67%
Cr [ppm]	24,82	1,20	33,39	0,37	134,53%	31,05%
Si [ppm]	98,11	31,28	59,20	11,88	60,34%	37,97%
viskozita [mm ² /s]	16,71	15,98	1,62	0,13	9,69%	0,83%
km proběh	95883,25	86910,00	5490,38	0,00	5,73%	0,00%

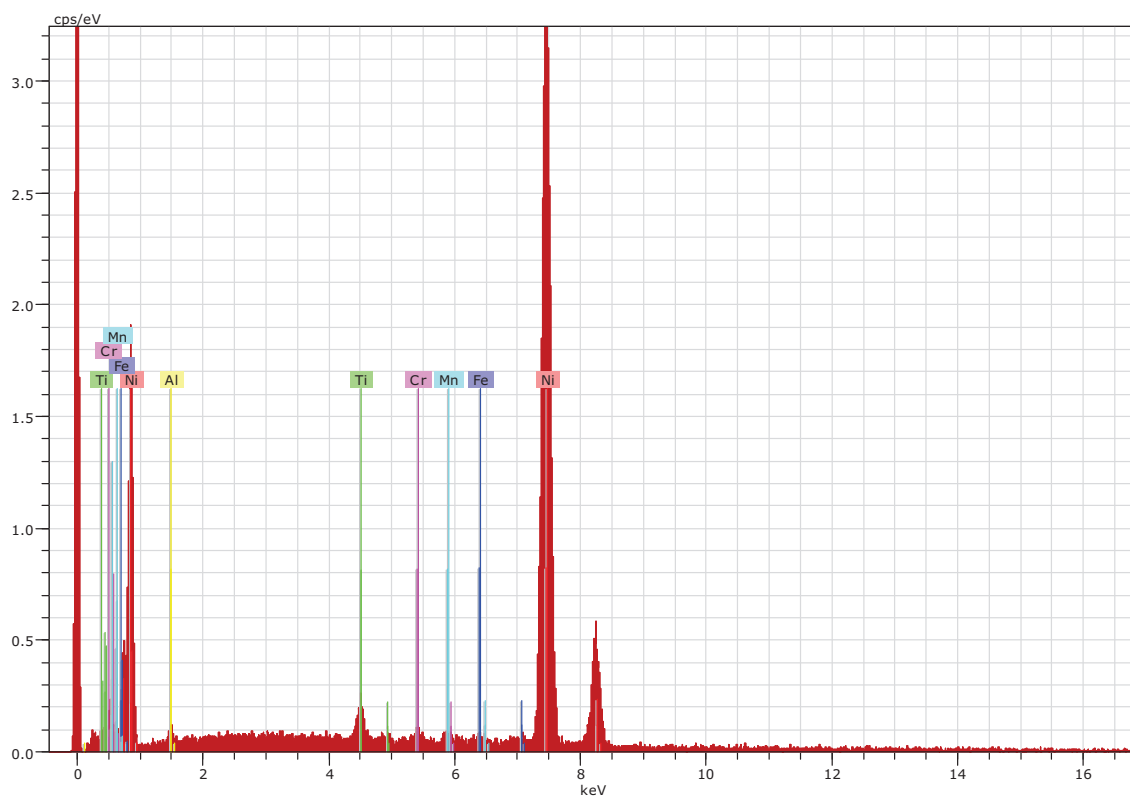
Příloha 6 Výsledek měření jakosti nástřikového kovu č.1



Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	unn. [wt.%]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error [%]
Al	13	K-series	1,36	1,42	3,03	0,1
Ti	22	K-series	1,80	1,88	2,25	0,1
Cr	24	K-series	0,62	0,64	0,71	0,1
Mn	25	K-series	0,44	0,46	0,49	0,1
Fe	26	K-series	0,67	0,70	0,72	0,1
Ni	28	K-series	90,77	94,89	92,80	2,3
Total:			95,66	100,00	100,00	

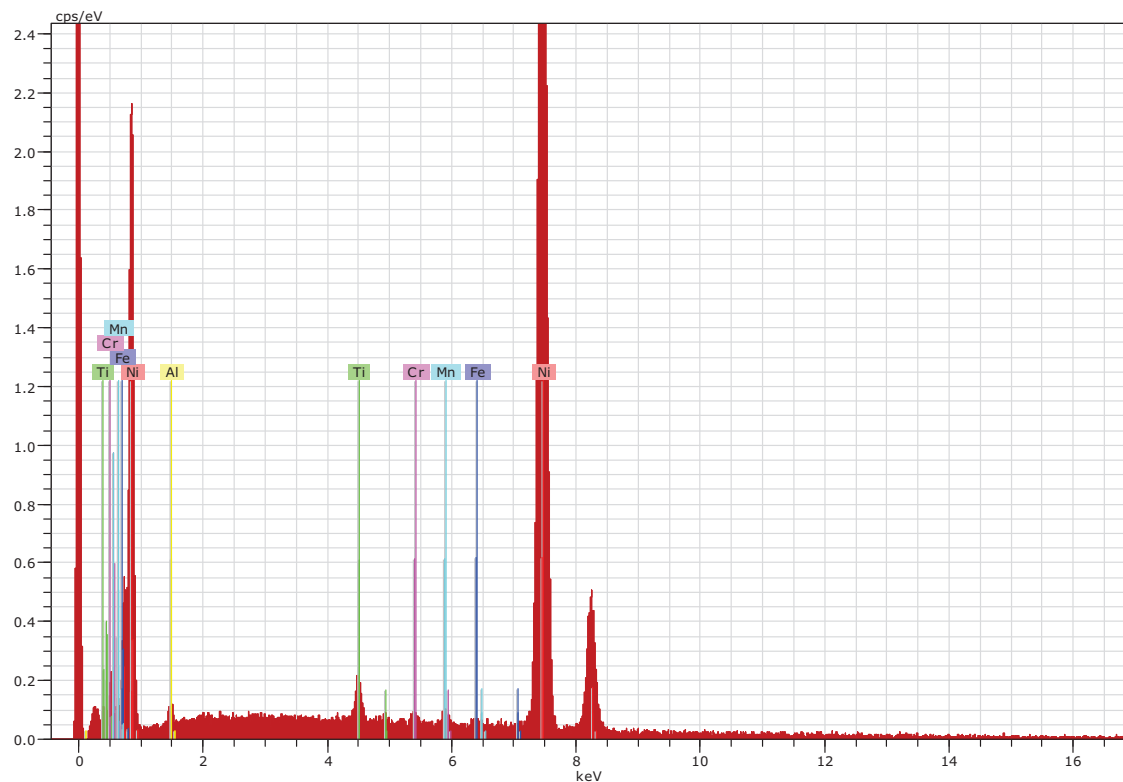
Příloha 7 Výsledek měření jakosti nástřikového kovu č. 2



Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Al	13	K-series	2,23	2,49	5,23	0,2
Ti	22	K-series	1,98	2,22	2,62	0,1
Cr	24	K-series	0,61	0,68	0,74	0,1
Mn	25	K-series	0,46	0,51	0,53	0,1
Fe	26	K-series	0,75	0,84	0,85	0,1
Ni	28	K-series	83,46	93,26	90,03	2,2
Total:			89,49	100,00	100,00	

Příloha 8 Výsledek měření jakosti nástřikového kovu č. 3



Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Al	13	K-series	2,62	3,02	6,31	0,2
Ti	22	K-series	1,53	1,76	2,07	0,1
Cr	24	K-series	0,38	0,43	0,47	0,1
Mn	25	K-series	0,33	0,38	0,39	0,1
Fe	26	K-series	0,44	0,50	0,51	0,1
Ni	28	K-series	81,49	93,91	90,25	2,1
Total:			86,78	100,00	100,00	

Příloha 9 - Certifikované výsledky jakosti materiálu drátu

Plasma &
Flame Spray
Engineering



Material, Parts
& Equipment
for
Thermal Spray
Technique

GmbH

postal:
Postfach 311
D-57503 Betzdorf

comp. location/Firmensitz
Gewerbegebiet
D-57629 Luckenbach

Phone/Telefon: +49 (0) 2662 9576 0
Fax +49 (0) 2662 9576 30
Internet www.gtv-mbh.de

Werkzeugnis/Test certificate EN 10204-3.1

Werkzeugnisnr./ Certificate No.	08/3389
Bezeichnung/ Description	51.00.6 Lichtbogenspritzdraht Haftgrund arc wire bond coat
Lot/Batch	D3389

Chemical analysis in weight%

Chemische Analyse in Gewichts-%

Ni	Cu	Fe	Mn	S	Si	C	Ti
Rest	0,007	0,02	0,36	0,004	0,29	0,002	3,45

Al	sonstige
0,28	0,043

Wire type Drahttyp

schmelzmetallurgisch hergestellter Massivdraht
solid wire manufactured by melting procedure

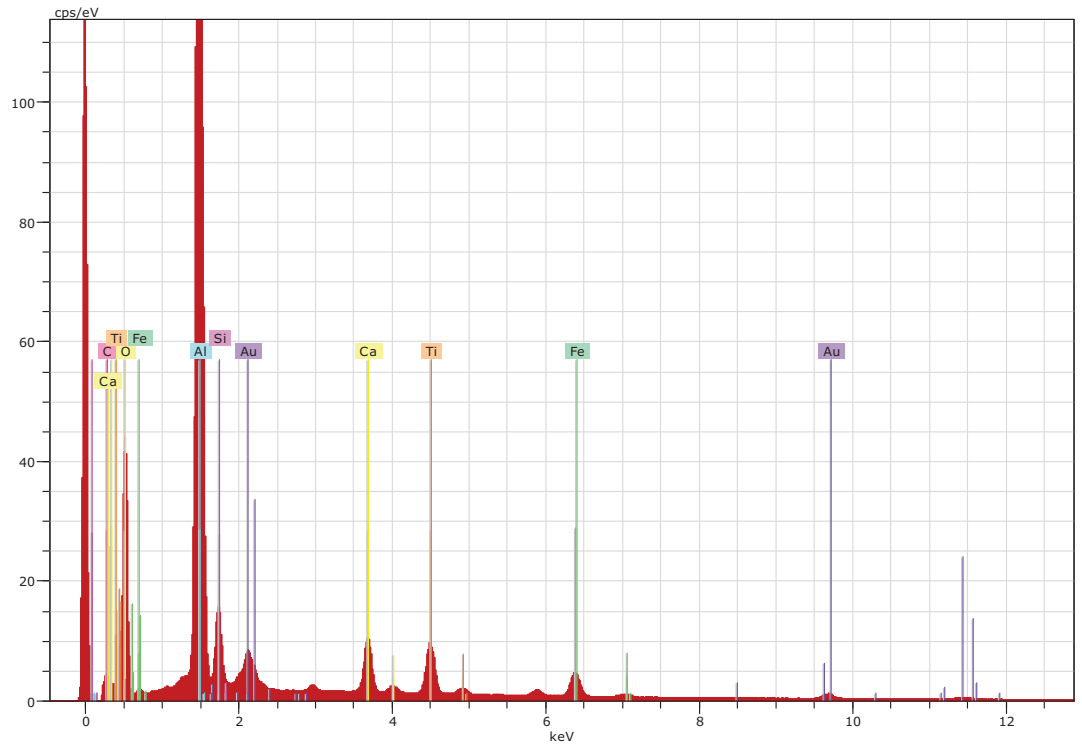
Wire diameter Drahtdurchmesser

Ø = 1,6 mm

Luckenbach, den 03. Nov. 2008


PLASMA METAL, spol.s r.o.
Tovární 1
643 00 Brno
DIČ: CZ63474409

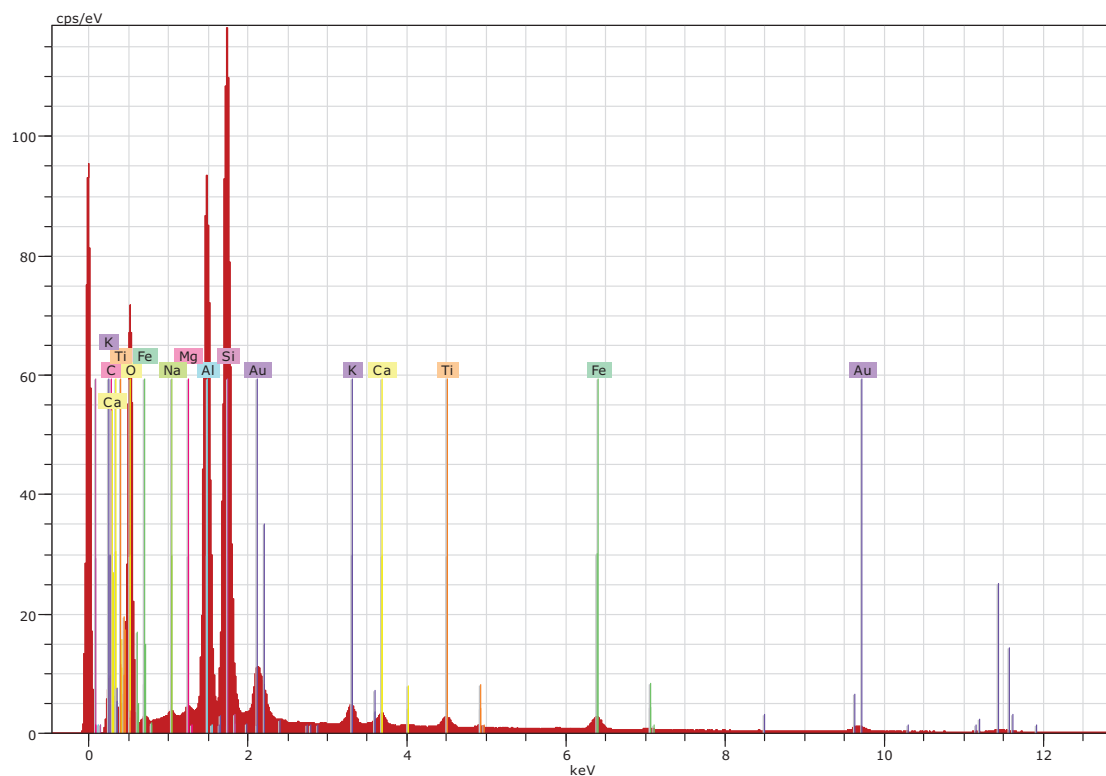
Příloha 10 - Výsledek měření jakosti písku na bázi korundu (Al_2O_3)



Spectrum: Acquisition

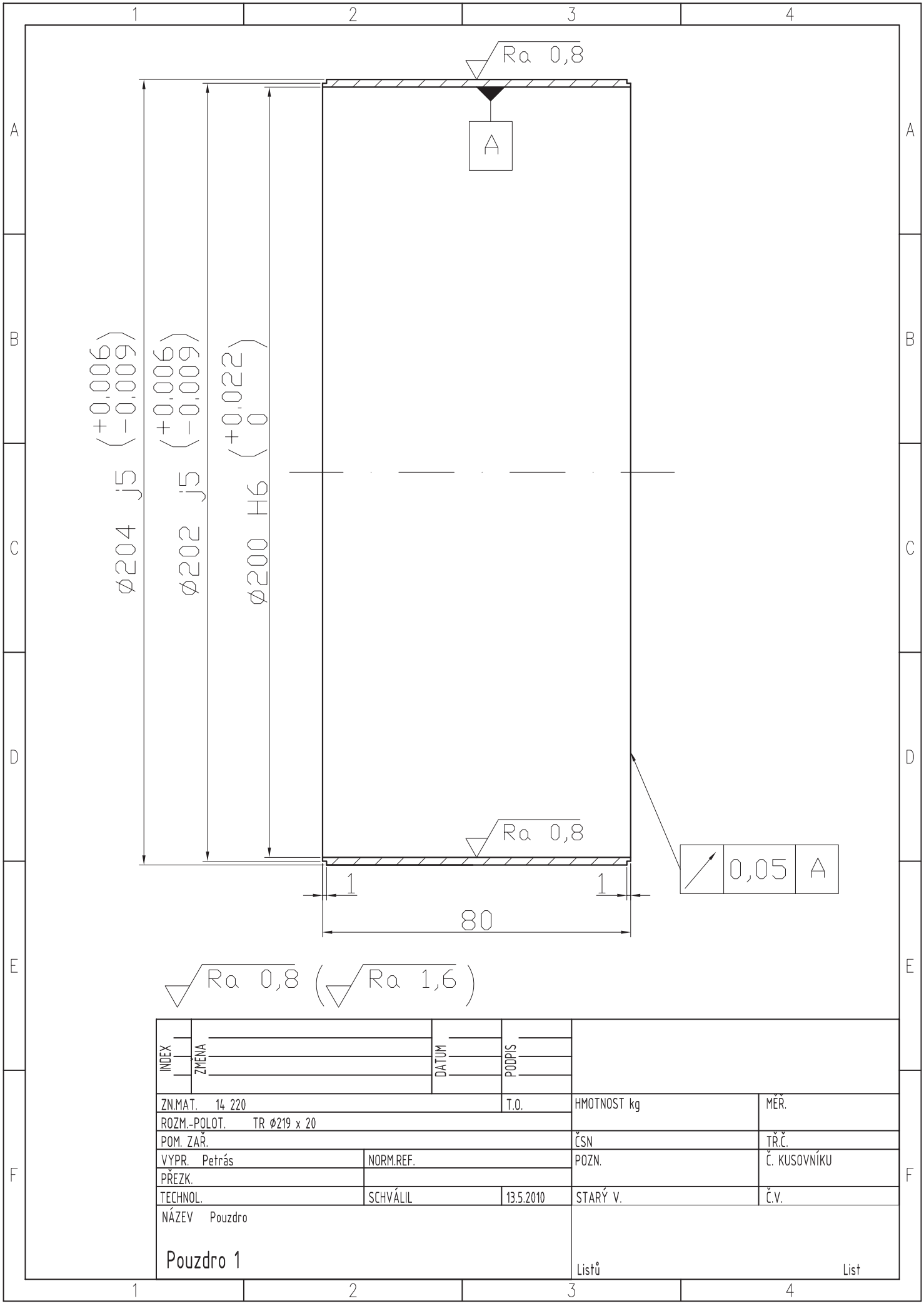
El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
C	6	K-series	2,61	2,94	5,14	0,4
O	8	K-series	38,62	43,58	57,08	9,5
Al	13	K-series	35,52	40,08	31,13	1,8
Si	14	K-series	4,19	4,73	3,53	0,2
Ca	20	K-series	1,91	2,16	1,13	0,1
Ti	22	K-series	2,27	2,56	1,12	0,1
Fe	26	K-series	1,52	1,72	0,64	0,1
Au	79	L-series	1,98	2,23	0,24	0,1
Total:			88,62	100,00	100,00	

Příloha 11 - Výsledek měření jakosti křemičitého písku



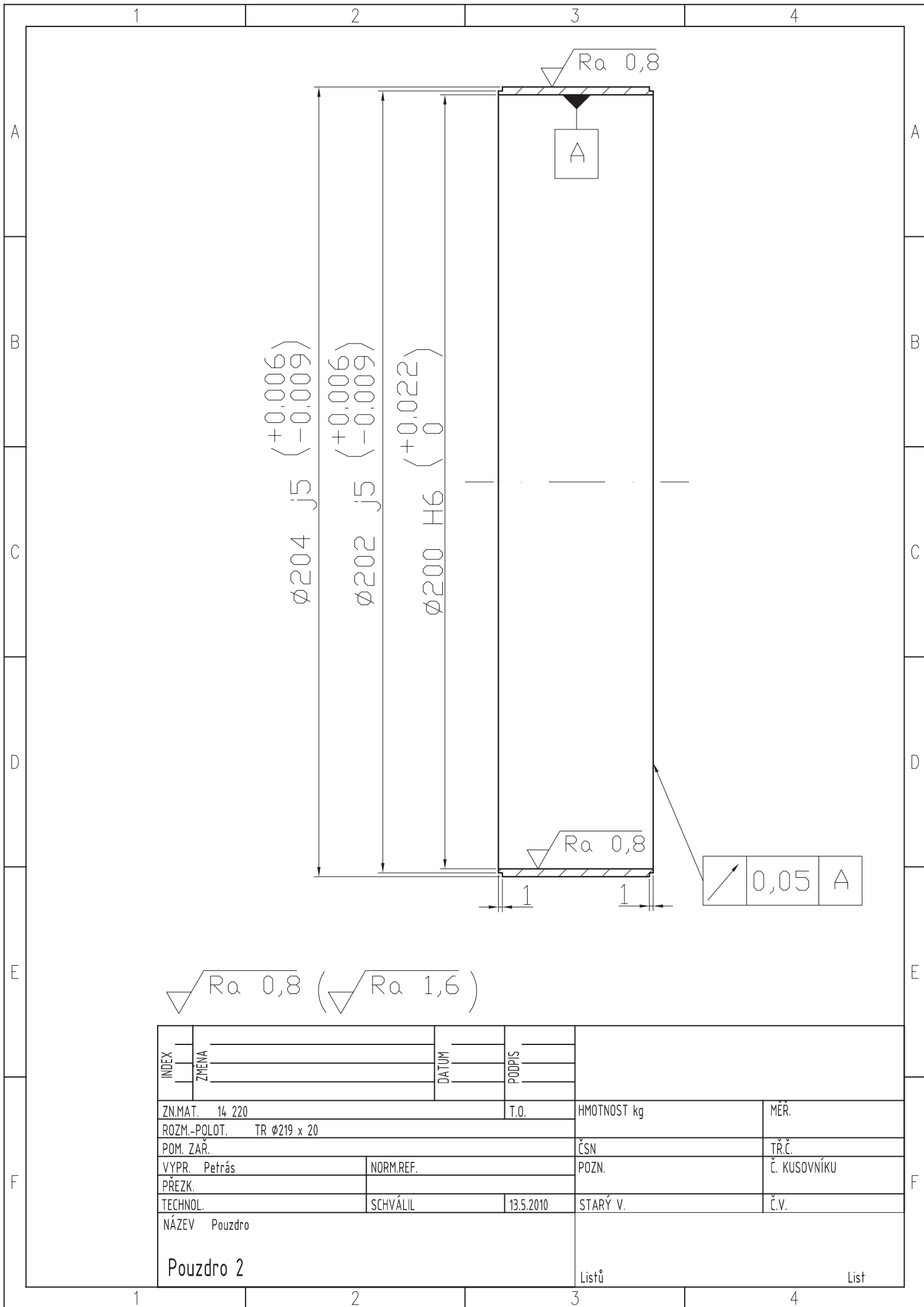
Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
C	6	K-series	0,48	0,52	0,96	0,8
O	8	K-series	33,66	36,04	50,38	8,9
Na	11	K-series	2,06	2,20	2,14	0,2
Mg	12	K-series	1,19	1,27	1,17	0,1
Al	13	K-series	19,03	20,38	16,89	1,0
Si	14	K-series	30,81	32,99	26,27	1,4
K	19	K-series	1,26	1,35	0,77	0,1
Ca	20	K-series	0,60	0,64	0,36	0,0
Ti	22	K-series	0,57	0,62	0,29	0,0
Fe	26	K-series	1,02	1,09	0,44	0,1
Au	79	L-series	2,72	2,91	0,33	0,1
Total:			93,38	100,00	100,00	



$\sqrt{Ra \ 0,8}$ ($\sqrt{Ra \ 1,6}$)

INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS		
ZN.MAT.	14 220	T.O.		HMOTNOST kg	MÉR.
ROZM.-POLOT.	TR $\varnothing 219 \times 20$				
POM. ZAR.				ČSN	TŘ.Č.
VYPR.	Petrás	NORM.REF.		POZN.	Č. KUSOVNÍKU
PŘEZK.					
TECHNOL.		SCHVÁLIL	13.5.2010	STARÝ V.	Č.V.
NÁZEV	Pouzdro				
Pouzdro 1				Listů	List



$\sqrt{R_a 0,8} (\sqrt{R_a 1,6})$

INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS		
ZN.MAT.	14 220	T.O.		HMOTNOST kg	MÉR.
ROZM.-POLOT.	TR $\varnothing 219 \times 20$				
POM. ZAR.				ČSN	TŘČ.
VYPR.	Petrás	NORM.REF.		POZN.	Č. KUSOVNÍKU
PŘEZK.					
TECHNOL.	SCHVÁLIL	13.5.2010	STARÝ V.	Č.V.	
NÁZEV	Pouzdro				
Pouzdro 2			Listů	List	

Příloha 14

Souhrn výsledků olejových rozborů

Czech Coal Services a.s.
V.Řezáče 315, 434 67 Most
TR/TP-laboratoř tribodiagnostiky
tel: 476202829
fax: 478602845

Czech Coal Services

Protokol číslo : E 826.09

Objednatel : DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA
BRNO, A.S.
Označení zař. : PŘEVODOVKA/ 1523
Místo odběru : 1. PŘEVOD
Druh oleje : MOGUL INTRANS 90HT
Odběr provedl : Valehrach
Datum odběru : 18.12.09
Datum dodání : 18.12.09

Zpráva o rozboru

Jakostní ukazatel	Jednotka	Hodnota	Metoda
obsah vody	ppm	0	ČSN EN ISO 12937, ČSN ISO 760
mechanické nečistoty	%	neměřeno	metoda rozpuštění v HEO
třída čistoty		neměřeno	ČSN ISO 4406
mechn nečistoty - gravimetricky		neměřeno	ČSN 656220
kinematická viskozita/ 40 °C	mm ² /s	neměřeno	ČSN EN ISO 3104
kinematická viskozita/ 100 °C	mm ² /s	15,81	ČSN EN ISO 3104
viskozitní index		neměřeno	ČSN ISO 2909
bod vzplanutí	°C	neměřeno	ČSN EN ISO 2592, ČSN EN ISO 2719
číslo kyselosti	mgKOH/g	neměřeno	ČSN ISO 6618, ČSN ISO 660
bod tuhnutí	°C	neměřeno	ČSN 656072
specifická hustota	g/cm ³ /20°C	neměřeno	ČSN EN ISO 3675

Poznámka :

6.9.2007 9 (s opotřebením)

Kovy:Cu-66,5 ppm, Fe-867,55 ppm,Pb-57,57 ppm, Al-90,66 ppm,Cr-10,39 ppm Si-166,27 ppm

Informace provozovatele:

Opotřebení převodové skříně se projevilo na části soukolí: talíř-pastorek

Provozovaný převodový olej Mogul Trans 90 HT

Před renovací hypoidní převodovky se provádí úprava vnitřního prostoru převodové skříně pískováním.

Na utěsnění převodovky se používá těsnící tmel se silikonem

Délka provozu oleje od výměny cca 100 000 km

Rozbor proveden : 31.12.09
Rozbor zpracoval : Holečková

Czech Coal Services a.s.
V.Řezáče 315, 434 67 Most
TŘ/TP-laboratoř tribodiagnostiky
tel: 476202829
fax: 478602845

Czech Coal Services
Protokol číslo : E 829.09

Objednatel : DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA
BRNO
Označení zař. : PŘEVODOVKA/ 1523
Místo odběru : 4.PŘEVOD
Druh oleje : MOGUL INTRANS 90HT
Odběr provedl : Valehrach
Datum odběru : 18.12.09
Datum dodání : 18.12.09

Zpráva o rozboru

Jakostní ukazatel	Jednotka	Hodnota	Metoda
obsah vody	ppm	0	ČSN EN ISO 12937, ČSN ISO 760
mechanické nečistoty	%	neměřeno	metoda rozpuštění v HEO
třída čistoty		neměřeno	ČSN ISO 4406
mechn nečistoty - gravimetricky		neměřeno	ČSN 656220
kinematická viskozita/ 40 °C	mm ² /s	neměřeno	ČSN EN ISO 3104
kinematická viskozita/ 100 °C	mm ² /s	15,82	ČSN EN ISO 3104
viskozitní index		neměřeno	ČSN ISO 2909
bod vzplanutí	°C	neměřeno	ČSN EN ISO 2592, ČSN EN ISO 2719
číslo kyselosti	mgKOH/g	neměřeno	ČSN ISO 6618, ČSN ISO 660
bod tuhnutí	°C	neměřeno	ČSN 656072
specifická hustota	g/cm ³ /20°C	neměřeno	ČSN EN ISO 3675

Poznámka :

19.9.2007 (s opotřebením)

Kovy:Cu-60 ppm, Fe-848 ppm,Pb-21 ppm, Al-27 ppm,Cr-8 ppm Si-78 ppm

Informace provozovatele:

Opotřebení převodové skříně se projevilo na částí soukolí: talíř-pastorek

Provozovaný převodový olej Mogul Trans 90 HT

Před renovací hypoidní převodovky se provádí úprava vnitřního prostoru převodové skříně pískováním.

Na utěsnění převodovky se používá těsnící tmel se silikonem

Délka provozu oleje od výměny cca 100 000 km

Rozbor proveden : 31.12.09
Rozbor zpracoval : Holečková

Czech Coal Services a.s.
V.Řezáče 315, 434 67 Most
TŘ/TP-laboratoř tribodiagnostiky
tel: 476202829
fax: 478602845

Czech Coal Services

Protokol číslo : E 827.09

Objednatel : DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA
BRNO
Označení zař. : PŘEVODOVKA/ 1031
Místo odběru : 3.PŘEVOD
Druh oleje : MOGUL INTRANS 90HT
Odběr provedl : Valehrach
Datum odběru : 18.12.09
Datum dodání : 18.12.09

Zpráva o rozboru

Jakostní ukazatel	Jednotka	Hodnota	Metoda
obsah vody	ppm	0	ČSN EN ISO 12937, ČSN ISO 760
mechanické nečistoty	%	neměřeno	metoda rozpuštění v HEO
třída čistoty		neměřeno	ČSN ISO 4406
mechn nečistoty - gravimetricky		neměřeno	ČSN 656220
kinematická viskozita/ 40 °C	mm ² /s	neměřeno	ČSN EN ISO 3104
kinematická viskozita/ 100 °C	mm ² /s	20,30	ČSN EN ISO 3104
viskozitní index		neměřeno	ČSN ISO 2909
bod vzplanutí	°C	neměřeno	ČSN EN ISO 2592, ČSN EN ISO 2719
číslo kyselosti	mgKOH/g	neměřeno	ČSN ISO 6618, ČSN ISO 660
bod tuhnutí	°C	neměřeno	ČSN 656072
specifická hustota	g/cm ³ /20°C	neměřeno	ČSN EN ISO 3675
Poznámka : 4.12.2007 GO (s opotřebením) Kovy:Cu-127 ppm, Fe-1178 ppm,Pb-26 ppm, Al-160 ppm,Cr-57 ppm Si-174 ppm Informace provozovatele: Opotřebení převodové skříně se projevilo na části soukolí: talíř-pastorek Provozovaný převodový olej Mogul Trans 90 HT Před renovací hypoidní převodovky se provádí úprava vnitřního prostoru převodové skříně pískováním. Na utěsnění převodovky se používá těsnící tmel se silikonem Délka provozu oleje od výměny cca 100 000 km			

Rozbor proveden : 31.12.09
Rozbor zpracoval : Holečková

Czech Coal Services a.s.
V.Řezáče 315, 434 67 Most
TŘ/TP-laboratoř tribodiagnostiky
tel: 476202829
fax: 478602845

Czech Coal Services
Protokol číslo : E 238.10

Objednatel : DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA
BRNO, A.S.
Označení zař. : VÚZ/ 1564
Místo odběru : 1. PŘEVOD
Druh oleje : PP 90 HT
Odběr provedl : Slaný
Datum odběru : 10.05.10
Datum dodání : 10.05.10

Zpráva o rozboru

Jakostní ukazatel	Jednotka	Hodnota	Metoda
obsah vody	ppm	0	ČSN EN ISO 12937, ČSN ISO 760
mechanické nečistoty	%	neměřeno	metoda rozpuštění v HEO
třída čistoty		neměřeno	ČSN ISO 4406
mechn nečistoty - gravimetricky		neměřeno	ČSN 656220
kinematická viskozita/ 40 °C	mm ² /s	neměřeno	ČSN EN ISO 3104
kinematická viskozita/ 100 °C	mm ² /s	16,30	ČSN EN ISO 3104
viskozitní index		neměřeno	ČSN ISO 2909
bod vzplanutí	°C	neměřeno	ČSN EN ISO 2592, ČSN EN ISO 2719
číslo kyselosti	mgKOH/g	neměřeno	ČSN ISO 6618, ČSN ISO 660
bod tuhnutí	°C	neměřeno	ČSN 656072
specifická hustota	g/cm ³ /20°C	neměřeno	ČSN EN ISO 3675
Poznámka : GO 18.2.2008(po renovaci) Kovy:Cu-1010.11ppm, Fe-388.2 ppm, Pb-13.65 ppm, Al-45.58 ppm,Cr-1.94 ppm Si-21.68 ppm Informace provozovatele: Opořebení převodové skříně se projevilo na části soukolí: talíř-pastorek Provozovaný převodový olej Mogul Trans 90 HT Před renovací hypoidní převodovky se provádí úprava vnitřního prostoru převodové skříně -nástřík materiálu (žárové nástříky)a opracování od zbytků nátěru nečistot tryskáním (písek). Na utěsnění převodovky se používá těsnící tmel se silikonem.			

Rozbor proveden : 14.05.10
Rozbor zpracoval : Holečková

Czech Coal Services a.s.
V.Řezáče 315, 434 67 Most
TŘ/TP-laboratoř trihodiagnostiky
tel: 476202829
fax: 478602845

Czech Coal Services

Protokol číslo : E 239.10

Objednatel : DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA
BRNO, A.S.
Označení zař. : VÚZ/1564
Místo odběru : 2. PŘEVOD
Druh oleje : PP 90 HT
Odběr provedl : Slaný
Datum odběru : 10.05.10
Datum dodání : 10.05.10

Zpráva o rozboru

Jakostní ukazatel	Jednotka	Hodnota	Metoda
obsah vody	ppm	0	ČSN EN ISO 12937, ČSN ISO 760
mechanické nečistoty	%	neměřeno	metoda rozpuštění v HEO
třída čistoty		neměřeno	ČSN ISO 4406
mechn nečistoty - gravimetricky		neměřeno	ČSN 656220
kinematická viskozita/ 40 °C	mm ² /s	neměřeno	ČSN EN ISO 3104
kinematická viskozita/ 100 °C	mm ² /s	15,78	ČSN EN ISO 3104
viskozitní index		neměřeno	ČSN ISO 2909
bod vzplanutí	°C	neměřeno	ČSN EN ISO 2592, ČSN EN ISO 2719
číslo kyselosti	mgKOH/g	neměřeno	ČSN ISO 6618, ČSN ISO 660
bod tuhnutí	°C	neměřeno	ČSN 656072
specifická hustota	g/cm ³ /20°C	neměřeno	ČSN EN ISO 3675

Poznámka :

GO 16.9.2008(po renovaci)

Kovy:Cu-224.31 ppm, Fe-261.31 ppm, Pb-7.61 ppm, Al-6.77 ppm,Cr-1.62 ppm Si-29.31 ppm

Informace provozovatele:

Opotřebenění převodové skříně se projevilo na části soukolí: talíř-pastorek

Provozovaný převodový olej Mogul Trans 90 HT

Před renovací hypoidní převodovky se provádí úprava vnitřního prostoru převodové skříně -nástřík materiálu (žárové nástříky)a opracování od zbytků nátěru nečistot tryskáním (písek).

Na utěsnění převodovky se používá těsnicí tmel se silikonem.

Rozbor proveden : 14.05.10
Rozbor zpracoval : Holečková

Objednatel : DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA
BRNO, A.S.
Označení zař. : VÚZ/ 1595
Místo odběru : 1. PŘEVOD
Druh oleje : PP 90 HT
Odběr provedl : Slaný
Datum odběru : 10.05.10
Datum dodání : 10.05.10

Zpráva o rozboru

Jakostní ukazatel	Jednotka	Hodnota	Metoda
obsah vody	ppm	0	ČSN EN ISO 12937, ČSN ISO 760
mechanické nečistoty	%	neměřeno	metoda rozpuštění v HEO
třída čistoty		neměřeno	ČSN ISO 4406
mechn nečistoty - gravimetricky		neměřeno	ČSN 656220
kinematická viskozita/ 40 °C	mm ² /s	neměřeno	ČSN EN ISO 3104
kinematická viskozita/ 100 °C	mm ² /s	16,25	ČSN EN ISO 3104
viskozitní index		neměřeno	ČSN ISO 2909
bod vzplanutí	°C	neměřeno	ČSN EN ISO 2592, ČSN EN ISO 2719
číslo kyselosti	mgKOH/g	neměřeno	ČSN ISO 6618, ČSN ISO 660
bod tuhnutí	°C	neměřeno	ČSN 656072
specifická hustota	g/cm ³ /20°C	neměřeno	ČSN EN ISO 3675
Poznámka : GO 8.2.2008(po renovaci) Kovy:Cu-187.9 ppm, Fe-365.61 ppm, Pb-11.56 ppm, Al-2.17 ppm,Cr-1.59 ppm,Si-70.53 ppm Informace provozovatele: Opořebení převodové skříně se projevilo na částí soukolí: talíř-pastorek Provozovaný převodový olej Mogul Trans 90 HT Před renovací hypoidní převodovky se provádí úprava vnitřního prostoru převodové skříně -nástřík materiálu (žárové nástříky)a opracování od zbytků nátěru nečistot tryskáním (písek). Na utěsnění převodovky se používá těsnící tmel se silikonem.			

Rozbor proveden : 14.05.10
Rozbor zpracoval : Holečková

Objednatel : DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA
BRNO
Označení zař. : PŘEVODOVKA/ 1083
Místo odběru : 1. PŘEVOD
Druh oleje : MOGUL INTRANS 90HT
Odběr provedl : Valehrach
Datum odběru : 18.12.09
Datum dodání : 18.12.09

Zpráva o rozboru

Jakostní ukazatel	Jednotka	Hodnota	Metoda
obsah vody	ppm	0	ČSN EN ISO 12937, ČSN ISO 760
mechanické nečistoty	%	neměřeno	metoda rozpuštění v HEO
třída čistoty		neměřeno	ČSN ISO 4406
mechn nečistoty - gravimetricky		neměřeno	ČSN 656220
kinematická viskozita/ 40 °C	mm ² /s	neměřeno	ČSN EN ISO 3104
kinematická viskozita/ 100 °C	mm ² /s	16,17	ČSN EN ISO 3104
viskozitní index		neměřeno	ČSN ISO 2909
bod vzplanutí	°C	neměřeno	ČSN EN ISO 2592, ČSN EN ISO 2719
číslo kyselosti	mgKOH/g	neměřeno	ČSN ISO 6618, ČSN ISO 660
bod tuhnutí	°C	neměřeno	ČSN 656072
specifická hustota	g/cm ³ /20°C	neměřeno	ČSN EN ISO 3675
Poznámka : 18.12.2007 GO (bez opotřebení) Kovy:Cu-13 ppm, Fe-80 ppm,Pb-<2 ppm, Al-19 ppm,Cr-0,87 ppm Si-35,80 ppm Informace provozovatele: Opotřebení převodové skříně se projevilo na části soukolí: talíř-pastorek Provozovaný převodový olej Mogul Trans 90 HT Na utěsnění převodovky se používá těsnící tmel se silikonem Délka provozu oleje od výměny cca 100 000 km			

Hodnocení :

Z dodaného vzorku oleje se provedlo stanovení kovů na AAS-plamenová metoda, čímž se zjistilo, že přítomnost kovů v oleji jsou v normálu, kromě množství křemíku a hliníku, které jsou ve zvýšeném množství. Původ křemíku může být z použitého těsnícího tmele, který má silikonový základ, zřejmě se silikon při styku uvolňuje do oleje, ale nemusí mít negativní vliv na zvýšení otěru v převodové skříně .

Olej z pohledu chemického složení nevykazuje žádné větší změny, které by mohly mít vliv na jeho vlastnosti.

Závěrem, doporučuji dodržení výměnných intervalů oleje, ale v průběhu provozu provádět častější kontroly kvality oleje.

Rozbor proveden : 31.12.09
Rozbor zpracoval : Holečková

Czech Coal Services a.s.
v.Řezáče 315, 434 67 Most
TŘ/TP-laboratoř tribodiagnostiky
tel: 476202829
fax: 478602845

Czech Coal Services
Protokol číslo : E 241.10

Objednatel : DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA
BRNO, A.S.
Označení zař. : VÚZ/1652
Místo odběru : 1. PŘEVOD
Druh oleje : PP 90 HT
Odběr provedl : Slaný
Datum odběru : 10.05.10
Datum dodání : 10.05.10

Zpráva o rozboru

Jakostní ukazatel	Jednotka	Hodnota	Metoda
obsah vody	ppm	0	ČSN EN ISO 12937, ČSN ISO 760
mechanické nečistoty	%	neměřeno	metoda rozpuštění v H ₂ O
třída čistoty		neměřeno	ČSN ISO 4406
mechn nečistoty - gravimetricky		neměřeno	ČSN 656220
kinematická viskozita/ 40 °C	mm ² /s	neměřeno	ČSN EN ISO 3104
kinematická viskozita/ 100 °C	mm ² /s	15,89	ČSN EN ISO 3104
viskozitní index		neměřeno	ČSN ISO 2909
bod vzplanutí	°C	neměřeno	ČSN EN ISO 2592, ČSN EN ISO 2719
číslo kyselosti	mgKOH/g	neměřeno	ČSN ISO 6618, ČSN ISO 660
bod tuhnutí	°C	neměřeno	ČSN 656072
specifická hustota	g/cm ³ /20°C	neměřeno	ČSN EN ISO 3675
Poznámka : GO 11.9.2008 (bez renovace) Kovy:Cu-476.28 ppm, Fe-94,54 ppm, Pb-8.80 ppm, Al-8.85 ppm,Cr-1.06 ppm Si-15.01 ppm Informace provozovatele: Opotřeбенí převodové skříně se projevilo na části soukolí: talíř-pastorek Provozovaný převodový olej Mogul Trans 90 HT Na utěsnění převodovky se používá těsnící tmel se silikonem.			

Rozbor proveden : 14.05.10
Rozbor zpracoval : Holečková

Objednatel : DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA
BRNO, A.S.
Označení zař. : VÚZ/ 1652
Místo odběru : 2. PŘEVOD
Druh oleje : PP 90 HT
Odběr provedl : Slaný
Datum odběru : 10.05.10
Datum dodání : 10.05.10

Zpráva o rozboru

Jakostní ukazatel	Jednotka	Hodnota	Metoda
obsah vody	ppm	0	ČSN EN ISO 12937, ČSN ISO 760
mechanické nečistoty	%	neměřeno	metoda rozpuštění v HEO
třída čistoty		neměřeno	ČSN ISO 4406
mechn nečistoty - gravimetricky		neměřeno	ČSN 656220
kinematická viskozita/ 40 °C	mm ² /s	neměřeno	ČSN EN ISO 3104
kinematická viskozita/ 100 °C	mm ² /s	15,89	ČSN EN ISO 3104
viskozitní index		neměřeno	ČSN ISO 2909
bod vzplanutí	°C	neměřeno	ČSN EN ISO 2592, ČSN EN ISO 2719
číslo kyselosti	mgKOH/g	neměřeno	ČSN ISO 6618, ČSN ISO 660
bod tuhnutí	°C	neměřeno	ČSN 656072
specifická hustota	g/cm ³ /20°C	neměřeno	ČSN EN ISO 3675

Poznámka :

GO 12.9.2010 (bez renovace)

Kovy:Cu-346.17 ppm, Fe-149.88 ppm, Pb-5.02 ppm, Al-5.27 ppm,Cr-1.71 ppm Si-43.03 ppm

Informace provozovatele:

Opotřebení převodové skříně se projevilo na části soukolí: talíř-pastorek

Provozovaný převodový olej Mogul Trans 90 HT

Na utěsnění převodovky se používá těsnící tmel se silikonem.

Rozbor proveden : 14.05.10
Rozbor zpracoval : Holečková



ALS Czech Republic s.r.o., Na Harfě 9/336, 190 00 Praha 9

Telefon: +420 284 081 575
 Fax: +420 284 081 771
 Internet: www.alsglobal.com, www.alsglobal.cz
 E-mail: vladimir.novacek@alsglobal.com

Zákazník: DTD FUTURE, s.r.o.
 Rázusova 84
 614 00 Brno

Protokol č. 093053

V Praze 9.9.2009

Objednávka: č. O-K9000169 ze dne 28.8.2009
 Vzorek: převodový olej MOGUL TRANS 90 HT
 Označení vzorku: z převodové skříně tramvaje
 Označení vzorku v ALS ČR,s.r.o.: 093053 (původně 093007)
 Vzorek přijat dne: 31.8.2009
 Datum provedení zkoušky: 3.-8.9.2009
 Místo provedení zkoušky: ALS ČR,s.r.o., Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9

Metody stanovení, údaje o odchylkách, doplňcích nebo výjimkách ze zkušebních předpisů a další informace:

O-METORDS1 CZ_SOP_D06_02_N01 (ASTM D 5185, ISO 11885) Stanovení obsahu prvků optickou emisní spektrometrií s indukci-
 vázaným plazmatem
 O-METORDS2 CZ_SOP_D06_02_N01 (ASTM D 5185, ISO 11885) Stanovení obsahu prvků optickou emisní spektrometrií s indukci-
 vázaným plazmatem
 N25 CZ_SOP_D06_05_N25 Stanovení obsahu celkových nečistot membránovou filtrací

Výsledky měření:

označení vzorku parametr	093053		jednotka	metoda	
	výsledek	NM			
Celkové nečistoty na membráně 0,8 µm	33585	--	mg/kg	N25	N
Obsah mědi	978	--	mg/kg	O-METORDS2	N
Obsah olova	16,2	--	mg/kg	O-METORDS2	N
Obsah železa	7490	--	mg/kg	O-METORDS2	N
Obsah chromu	93,2	--	mg/kg	O-METORDS2	N
Obsah hliníku	238	--	mg/kg	O-METORDS2	N
Obsah křemíku	147	--	mg/kg	O-METORDS2	N
Obsah sodíku	13,4	--	mg/kg	O-METORDS2	N
Obsah cínu	4,1	--	mg/kg	O-METORDS2	N
Obsah vápníku	26,5	--	mg/kg	O-METORDS1	N
Obsah draslíku	5,7	--	mg/kg	O-METORDS2	N
Obsah hořčíku	2,2	--	mg/kg	O-METORDS1	N
Obsah molybdenu	<1	--	mg/kg	O-METORDS2	N
Obsah niklu	310	--	mg/kg	O-METORDS2	N
Obsah fosforu	976	--	mg/kg	O-METORDS1	N
Obsah zinku	221	--	mg/kg	O-METORDS1	N
Obsah boru	1,1	--	mg/kg	O-METORDS2	N

Nejistota měření (NM [%]) je rozšířená nejistota odpovídající 95% intervalu spolehlivosti. Je uvedena jako odhad relativní směrodatné odchylky v procentech násobený koeficientem k=2.

Parametry s indexem "A" v posledním sloupci tabulky jsou předmětem akreditace, na parametry s indexem "N" se akreditace nevztahuje.

Výsledky parametrů s indexem "SN" byly získány subdodavatelsky a nejsou předmětem akreditace u subdodavatele.

Výsledky parametrů s indexem "SA" byly získány subdodavatelsky, v akreditované laboratoři a jsou předmětem akreditace u subdodavatele.

Ing. Vladimír Nováček
 Oil Testing Supervisor

Laboratoř prohlašuje, že výsledky zkoušek uvedené na tomto protokolu se týkají pouze vzorků, které jsou uvedeny na tomto protokolu a nenahrazují jiné dokumenty. Bez písemného souhlasu Oil Testing Supervisora ALS ČR,s.r.o. se nesmí protokol reprodukovat jinak, než celý.