

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
Fakulta strojního inženýrství
Ústav konstruování

Ing. Tumurbaatar Heruuga

**TRIBOLOGICKÉ HODNOCENÍ OTĚRU
V ZÁVISLOSTI NA PROVOZNÍCH PODMÍNKÁCH**

**TRIBOLOGICAL APPRECIATION OF WEAR
IN DEPENDENCE ON OPERATIONAL CONDITIONS**

ZKRÁCENÁ VERZE PHD THESIS

Obor: Konstrukční a procesní inženýrství

Školitel: Doc. Ing. Dušan Kolář, CSc. ÚK FSI VUT v Brně

Oponenti: Prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc. ÚDT FSI VUT v Brně
Ing. Milan Kubínek, CSc. ZLK a.s Brno

Datum obhajoby: 17. 10. 2002

KLÍČOVÁ SLOVA

tribologie, tření, mazání a opotřebení, analýza otěrových částic, tribodiagnostika

KEYWORDS

tribology, technology of friction, lubrication and wear, analysis of wear particles, tribodiagnostics

MÍSTO ULOŽENÍ PRÁCE

oddělení pro vědu a výzkum FSI VUT v Brně

© Tumurbaatar Heruuga, 2002

ISBN 80-214-2240-8

ISSN 1213-4198

OBSAH

1	ÚVOD	5
2	ZÁKLADNÍ POJMY A CÍL PRÁCE	6
3	ZVOLENÉ METODY ZRACOVÁNÍ	7
1.1	FERROGRAFIE JAKO ÚČINNÁ METODA TRIBODIAGNOSTIKY.....	7
1.2	POSTUP PŘI ŘEŠENÍ EXPERIMENTU	7
1.2.1	VZORKOVÁNÍ NÁPLNĚ OLEJOVÉ SOUSTAV	8
1.2.2	VYHODNOCENÍ FERROGRAMU.....	10
4	ANALÝZA MAZIV ODEBRANÝCH Z AGREGÁTŮ MOTOROVÝCH VOZIDEL V MONGOLSKU.....	13
4.1	AUTOMOBIL UAZ – 31514. /YA3- 31514/.....	13
1.2	VYBRANÉ VÝSLEDY ANALÝZY FERROGRAMU	15
1.3	PŘEVODOVÝ OLEJ.....	15
1.4	UVEDENÉ VYPOČTENÉ HODNOTY BYLY ZPRACOVÁNY DO GRAFICKÝCH ZÁVISLOSTÍ.....	15
5	VÝSLEDEK ANÁLÝZY	18
6	ZÁVĚR PRO REALIZACE V PODMÍNKÁCH MONGOLSKA	19
7	SEZNÁM POUŽITÉ REŠERŠNÍ LITERATURA	20
8	SUMMARY.....	22
9	ŽIVOTOPIS, PŘEHLED AKTIVIT	23

1 ÚVOD

Současný trend světového technického rozvoje klade stále větší nároky na nově konstruované výrobky, od kterých se požaduje neustálý růst parametrů. Stále více se prosazuje i nový činitel a to cílevědomé šetření energií a materiály. Důsledkem rostoucích požadavků na strojírenské výrobky je stále zvyšování jejich provozních parametrů, často až na hranice možností současných konstrukčních materiálů. To pak vede k vývoji nových materiálů a nových technologií.

Jedním z rozhodujících požadavků jak výrobců tak hlavně uživatelů je zabezpečení maximálního provozního využití výrobků a tím dosažení jejich vysoké užitné hodnoty. Toto využití závisí především na provozní spolehlivosti výrobků.

Používáním výrobků dochází v materiálech, jednotlivých součástkách i vazbách mezi nimi k postupným nebo i skokovým změnám, které charakterizujeme jako opotřebení nebo stárnutí. Tyto nevratné změny neprobíhají rovnoměrně ani v témže místě. V určitých místech se objevují kumulativní projevy opotřebení a stárnutí – kritická místa spojitých i nespojitých nevratných změn – poruchy.

Stává se, že vlivem nerovnoměrné životnosti součástí výrobků dochází k řetězovitému projevu poruch – postupným výpadkům zařízení způsobným provozní nezpůsobilostí. Nevyhnutelným důsledkem jsou pak ztráty – času, energie, výroby které mohou být v závislosti na složitosti stroje, jeho zapojení do technologického procesu či okamžiku poruchy velmi vysoké.

Proto je při provozu i při výrobě stále běžnější používání diagnostických metod a prostředků, zejména se zřetelem na stále rostoucí složitost a technickou náročnost strojů a zařízení. Účelem provozní diagnostiky je dosažení požadovaného stupně dostupnosti výrobku (stroje, zařízení) za minimálních nákladů se zřetelem na provozní podmínky. K tomu je využívána řada diagnostických metod, které musí splňovat požadavek určení stavu sledovaného objektu bez jeho demontáže, proto se označují jako bezdemontážní diagnostiky.

Jedna z metod zvyšování životnosti a hospodárnosti techniky všeobecně je pravidelná diagnostika. Její součástí je tribotechnická diagnostika, která má příznivý ekonomický efekt v tom, že se jedná o bezdemontážní diagnostiku, informující o vývoji a změnách technického stavu strojního zařízení. Z vlastní olejové náplně získáváme současně informace o stavu třecích dvojic.

Velké množství výzkumů je soustředěno na analýzu exploatovaného oleje a práci olejového filmu. Mazací media třecích ploch mohou být posuzována z vnějšího pohledu jako izolující vrstva. Ale v hlubších rozborech jsou mazací media považována za prostředí obklopující otěrové částice.

2 ZÁKLADNÍ POJMY A CÍL PRÁCE

Pohyb jednoho tuhého povrchu po druhém se vyskytuje obecně u mnoha druhů procesů a mechanismů, proto je důležité se těmito pochody zabývat. Obecná vědní disciplína, která sleduje tyto pochody se nazývá “**tribologie**“.

Tribotechnika je disciplína aplikující výsledky vědy nazývané tribologie do praxe. Přitom tribologie je nauka, která se zabývá chováním dotýkajících se povrchů ve vzájemném pohybu nebo při pokusu o vzájemný pohyb. Jde tedy o **tření, opotřebení a mazání**. Při vzájemné interakci povrchů v pohybu dochází k odporu proti pohybu – ke tření. Důsledkem tření je opotřebení pohybujících se povrchů. Tření a opotřebení se zmenšuje mazáním, přitom mazivem může být látka jakéhokoliv skupenství. Co všechno tedy do tribotechniky patří:

- Sledování stavu maziv a otěrových částic.
- Vědecké základy pro tření, opotřebení a mazání.
- Měřicí a kontrolní metody pro tribotechnické pochody.
- Spolehlivost a diagnostika (v tomto případě tzv. tribodiagnostika) konstrukčních součástí a skupin.
- Speciální technologické postupy vedoucí ke zvýšení odolnosti proti opotřebení.
- Organizace techniky mazání v provozu.

Rozdílně položená univerzitní centra a střediska zabývající se problematikou tribologie, ferrografické diagnostiky vychází z předpokladu, že diagnostické metody musí být v každém oboru průmyslu, dopravy či zemědělství specifické. Podmínky uplatnění musí respektovat odlišné podmínky provozu, rozdílnou četnost strojních jednotek jejich rozmístění a průběh zatížení.

Z těchto důvodů musí metodika diagnostiky určit nejen druh zkoušek, jejich pořadí, frekvenci velikosti zatížení, způsob hodnocení, ale i způsob odstranění otěrových částic.

Na základě poznatků z literatury, teoretických rozborů problematiky a provedených experimentů byl postup a cíl práce stanoven v tomto smyslu:

Práce je řešena za účelem rozšíření a doplnění problematiky komplexního rozboru otěrových částic v oběhových mediích s ohledem na provoz techniky.

- Objasnění problematiky tribologie.
- Provedení teoretické analýzy otěrových částic.
- Získání přehledu možných analyzačních metod se zdůrazněním ferrografické metody.
- Zpracování metodiky odebrání a ředění vzorků pro ferrografii.
- Zpracování metodiky zkoumaného maziva na přístroji :
 - REO 1 FERROGRAF
 - REO 21 FERROMETER
 - Mikroskop NU-2 / bichromatický/
- Zpracování metodiky měření a vypočtu
- Provedení tribologického hodnocení otěru:
 - určení celkového stavu opotřebení /oblast režimu opotřebení/
 - vytvoření prognózy havarijního stavu /mezního opotřebení jednotlivých součástí/
- Zhodnocení jednotlivých částí experimentu a na základě jejich vyhodnocení vyslovit závěry a doporučení pro další výzkumné a vývojové práce v dané oblasti.

3 ZVOLENÉ METODY ZRACOVÁNÍ

Řešení problematiky tribologického hodnocení otěru v závislosti na provozních podmínkách strojů probíhalo ve dvou oblastech. V první oblasti je obsažen teoretický rozbor dané problematiky tribologie, analýzy otěrových částic a rovněž přehled možných metod. Druhá oblast je zaměřena na realizaci laboratorních hodnocení otěru ferrografickou metodou.

Zpracování metodiky zkoumání maziva na přístrojích :

- REO 1 FERROGRAF.
- REO 21 FERROMETR.
- Mikroskop NU-2 /bichromatický/.

3.1 FERROGRAFIE JAKO ÚČINNÁ METODA TRIBODIAGNOSTIKY

Ferrografie je velmi mladým interdisciplinárním vědním odvětvím, popisujícím pevné částice, cirkulující s mazivem třeba i dílčím okruhem z jedné či více třecích dvojic, a to v závislosti na charakteru jejich sedimentace v silném magnetostatickém poli se strmým gradientem. Souhrnně vyjádřeno – ferrografie je jednak metodou separace ferromagnetických i jiných částic od maziva, v němž jsou obsaženy, ferrografie je však především metodou popisu těchto zachycených částic opotřebení, a to v souvislosti s jejich přiřazením jednomu či více mechanismům opotřebení třecí dvojice.

Přednost ferrografické metody :

1. Ferrografie je bezdemontážní diagnostická metoda umožňující na základě částicové analýzy exploatovaného maziva určit objektivně režim opotřebení stroje či mechanismu.
2. Na základě morfologie otěrových částic a jejich počtu umožňuje s předstihem až několika desítek provozních hodin předurčit vznik mezního či havarijního opotřebení. Realizuje tedy v praxi princip trendové analýzy, která je z hlediska provozní spolehlivosti strojů velmi žádoucí.
3. Princip preventivní analýzy se uplatňuje i u další výhody ferrografické metody: možnost určit původ otěrových částic, dovede rozlišit druh materiálu, ze kterého otěr vznikl. Navíc dovede rozlišit původ i při stejném chemickém složení otěru (např. otěr oceli z klikové hřídele od otěru z válcových vložek či rozvodového mechanismu).
4. Data získaná při ferroskopické a ferrometrické analýze se zapisují do ferrografického protokolu, který umožňuje vynést tribologický verdikt, tj. konkrétní posudek na režim opotřebení stroje s možnostmi direktivní nápravy při údržbě.

3.2 POSTUP PŘI ŘEŠENÍ EXPERIMENTU

Celý postup při řešení experimentu lze rozdělit do tří hlavních fází :

- Příprava a ředění vzorků pro hodnocení olejů
- Vyhodnocení ferrogramu /ferroskopie, ferrometrie/

3.2.1 VZORKOVÁNÍ NÁPLNĚ OLEJOVÉ SOUSTAVY

Zásadní pozornost je nutno věnovat metodice odběru vzorků oleje z mazací soustavy motoru, převodovky či jiné tribologické soustavy. Aby mohl být na základě ferrografických analýz stanoven správně odhad technického stavu zařízení, je nezbytné, aby vzorek oleje či jiné provozní kapaliny byl reprezentativní.

Při odběru vzorků musejí být dodržena následující pravidla :

- Vzorky musejí být odebírány vždy ze stejného místo olejové soustavy motoru, neboť koncentrace částic je různá v různých místech soustavy.
- Jsou –li vzorky odebírány za chodu systému, je nutno zabezpečit, aby to bylo vždy za stejného režimu
- Jsou-li vzorky odebírání po zastavení stroje, je nutné brát v úvahu v jakém místě odebíráme vzorek a jaká je rychlost sedimentace částice po ukončení proudění v soustavě.
- Je nutné správně odhadnout dobu dosažení dynamické rovnováhy mezi koncentrací velkých a malých částic. V tomto materiálu po pojmem „velká částice“ rozumíme částici větší než 20 μm , pod pojmem „malá částice“ rozumíme částici ve velikosti do 2 μm . Faktory ovlivňující délku doby dosažení rovnovážného stavu jsou následující :
 - o Filtrace – kolikrát za jednotku času projde částice dané velikosti filtrem. Platí, že čím jemnější filtrace, tím kratší je doba do dosažení rovnováhy.
 - o Oběhové číslo – tj. cirkulační rychlost oleje. Je vyjádřena objemem proteklým soustavou za jednotku času. Bez přesné znalosti oběhového čísla nelze odhadnout ztráty částic filtrací.
 - o Kvalita disperse maziva. Např. mazací oleje vznětových motorů často obsahují dispersní detergenty, tj. aditiva zaručující, že nedochází k výrazné konglomeraci částic a k jejich usazování na stěnách válců. Turbinové oleje tato aditiva často nemají.

Odběrné nádoby: Na odběrné nádoby je kladeno několik požadavků.

- Objem nádoby musí být asi o 30% větší než je objem odebíraného vzorku oleje. Pro ferrografické analýzy plně postačí odběr cca 60 ml oleje.
- Nádobka musí dokonale těsnit, aby nedošlo ke ztrátě vzorku při jeho přepravě do tribologické laboratoře.
- Nádobka by měla být nerozbitná, laciná a nepůsobit potíže při likvidaci, neboť je určena pro jedno použití. V sebepečlivěji vymyté odběrné nádobce zůstane vždy usazena určitá část sedimentu otěrových částic v mikrotrhlinách skleněné stěny a na pryžovém těsnění, což by mohlo zkreslit výsledky rozborů následujícího vzorku.

Vliv filtrace oleje v zařízení:

Distribuce otěrových částic v oleji je do značné míry ovlivněna olejovým filtrem. Filtr působí na rozdělení částic ve dvou oblastech :

- Filtr v každém případě zmenšuje koncentraci částice v oleji.
- Filtr napomáhá zvýšení koncentrací částic o velikosti, kterou propouští jeho vložka. Účinněji jsou odlučovány částice velké, než malé. Což nemusí platit vždy, neboť třeba i velice dlouhá částice o malém průměru, menším než je strana oka filtrační sítky, projde filtrem. Platí tedy pravidlo – jak jen to lze, odebírat vzorek oleje před filtrem.

Archivace vzorků oleje:

Dlouholeté zkušenosti ukazují, že archivace vzorků nečiní problémy, pokud před další analýzou byl olej v nádobce správně homogenizován – viz „Příprava a ředění vzorku“. Homogenizací je myšleno intenzivní protřepávání zahřátého oleje v nádobce. Cílem je smytí částic usazených na stěnách nádoby a jejich vznos do oleje, rozpuštění vosků a gelů na nádoby a rovnoměrná disperze pevných částic v oleji.

Příprava a ředění vzorků:

Před počátkem ferrografické analýzy musí být vzorek nejprve homogenizován, neboť za dobu uplynulou mezi jeho odběrem a analýzou již došlo k částečné či úplné sedimentaci částic na stěny odběrné nádoby.

Vzorek je nejlépe ohřát na teplotu cca 65 až 70⁰C a poté intenzivně protřepávat po dobu asi pěti minut.

Poté přistoupíme k ředění vzorku, jehož účelem je dosažení vhodné viskozity roztoku oleje s ředidlem. Při správné viskozitě je v magnetickém poli ferrografu vytvářena rovnoměrně hustá stopa otěrových částic. Příliš vazký olej brzdí částičky při jejich sestupu k povrchu podložní folie, a proto nezachytíme velkou část otěrových. Často naopak příliš nízkovazký (řidký) roztok oleje s ředidlem vyvolává tzv. jamming, tj. překrývání částic přes sebe, což znehodnocuje ferrogram. Příčinou jammingu je nadměrná klesací rychlost při sedimentaci částic, kdy velké i malé částice sedimentují poblíž vtoku oleje na podložní folii.

Vhodnými ředidly jsou chloroform (tetrachlor), xylen, v nouzi i technický benzin po ultrafiltraci.

Pro potřeby analytické ferrografie je vhodný poměr ředění cca 4-5 ml vzorku oleje ku 1 ml ředidla. Silně znečištěné oleje před ředěním naředíme jemně přefiltrovaným olejem stejné značky.

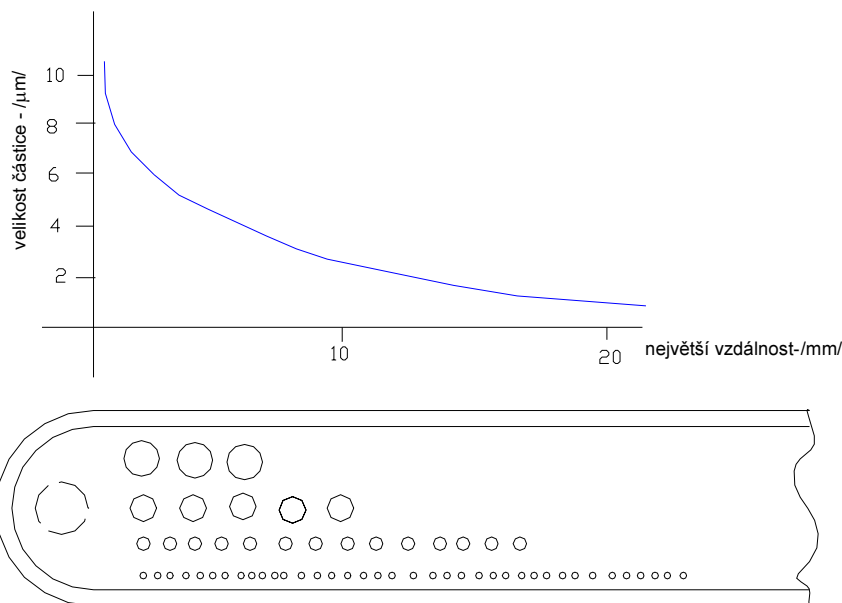
Po protlačení roztoku ferrografem je nutné z folie odstranit zbytky maziva a to tak, že folii propláchneme protlačěním cca 4-5 ml ředidla ferrografem.

Zbytky ředidla se na vzduchu odpaří. Poté folii vyjmeme z ferrografu. Pro mikroskopické zkoumání můžeme folii po rozstříhnutí upevnit do dvou diarámečků.

Pozn.: Pro disertační práci byly použity vzorky oleje z Mongolska, kde většina cest na venkově není bezprašná. Vozidla dopravují v tajze s drsnými zimními mrazy, v poušti s obrovskými letními teplotami, tak i v horách se strmými svahy a velkými výkyvy denních teplot. Prudké lijáky, sněhové a písečné bouře jsou v takových krajích běžnou záležitostí, mnoho vozidel tam má velké potíže. Většina cest je hlinitá případně písečná, existuje pro ně anglický název „off road“.

3.2.2 VYHODNOCENÍ FERROGRAMU

Ferrogram je výsledným záznamem zpracovaných výsledků /viz. Obr. 3.1/.



Obr. 3.1 Rozložení velikosti částic na ferrogramu.

Připravený ferrogram je možno vyhodnocovat dvěma způsoby:

- I. ferrodensimetrické hodnocení ferrogramu
- II. ferromikroskopické zkoumání ferrogramu

První z obou způsobů využívá absorpce ve význačných místech ferrogramu, zatímco druhý vyžaduje pozorování částic opotřebení na ferrogramu a jejich hodnocení v bichromatickém mikroskopu.

I. Ferrodensimetrické hodnocení ferrogramu:

Spočívá v určení optické hustoty nanesené stopy částic opotřebení v místě velkých částic, tj. s velikostí nad 5 μm , označovaném L (Large), a v místě malých částic (velikost pod 5 μm), označovaném S (Small). Tato místa leží u ferrografu 57 mm resp. 53 mm před místem, kde olej opouští hranu magnetu (je to dáno jeho geometrickou konfigurací).

Měření optické hustoty se provádí na ferroskopu nebo v našem případě na upraveném mikroskopu vždy při stejné konfiguraci mikroskopu a čidla fotodensimetru. Výsledkem jsou hodnoty D_L – absorpance v místě velkých částic a D_S – absorpance v místě malých částic. Z prosté absorpance se pak určí tzv. standardizovaná absorpance D^0 vztahem:

$$D_L^0 = \frac{D_L}{V}; \quad D_S^0 = \frac{D_S}{V}, \quad [1]$$

kde V - objem vzorku maziva prošlý přes ferrografickou podložku (neuvažuje se objem ředící kapaliny).

Hodnoty standardizované absorbance v místě malých / D_S^0 / i velkých částic / D_L^0 / se používají pro určení tří charakteristických parametrů :

- Poměrná koncentrace částic opotřebení - WPC (z angl. Wear particle Concentration) vyjadřuje poměrné množství částic opotřebení v mazivu. Vypočítává se vztahem :

$$WPC = D_L^0 + D_S^0 \quad [2]$$

- Procenta velkých částic - PLP (z angl. Procent of Large Particles) se určuje vztahem

$$PLP = \frac{D_L^0}{D_L^0 + D_S^0} \cdot 100 \quad [3]$$

a ukazuje rozdělení velkých a malých částic v mazivu. Je-li $PLP > 50\%$, tedy převládají velké částice, určuje se také třetí parametr.

- Index intenzity opotřebení – I_{io} je daný vztahem :

$$I_{io} = (D_L^0)^2 - (D_S^0)^2 \quad [4]$$

Tento parametr je ze všech uvedených nejdůležitější, neboť bylo ověřeno, že pro ustálený provozní režim každého tribologického uzlu se jeho hodnota nemění (neuvažujeme-li náhodné výkyvy) a je charakteristická. Pak podstatné zvýšení hodnoty I_{io} znamená tvorbu velkých částic opotřebení, tedy zvýšené opotřebení uzlu. Tato vlastnost je velmi výhodná pro tribotechnickou diagnostiku a je i využívána.

Ferrografie dokáže (i s využitím ferroskopie) zjistit abnormální provozní stavy dříve než jiné diagnostické metody jako např. sledování vibrací. Aby bylo možno pohodlně vyhodnotit uvedené parametry, je vhodné sestavit jejich hodnoty graficky v časově řadě.

II. Ferromikroskopické zkoumání ferrogramů:

Ferrogramy připravené z odebraných vzorků oleje jsou pro účely analytické ferrografie podrobeny zkoumání v tzv. bichromatickém mikroskopu. Název bichromatického mikroskopu je relikv z počátku historie ferrografie.

Pro zkoumání ferrogramu v mikroskopu – ferroskopii se jako nejvýhodnější ukázal bichromatický mikroskop, který poskytuje osvětlení pozorovaného místa jak procházejícím světlem – zdola – zeleným, tak odraženým – dopadajícím shora – červeným. Pak pozadí obrazu v mikroskopu je zelené – tedy barva, která méně namáhá zrak, zatímco neprůsvitné

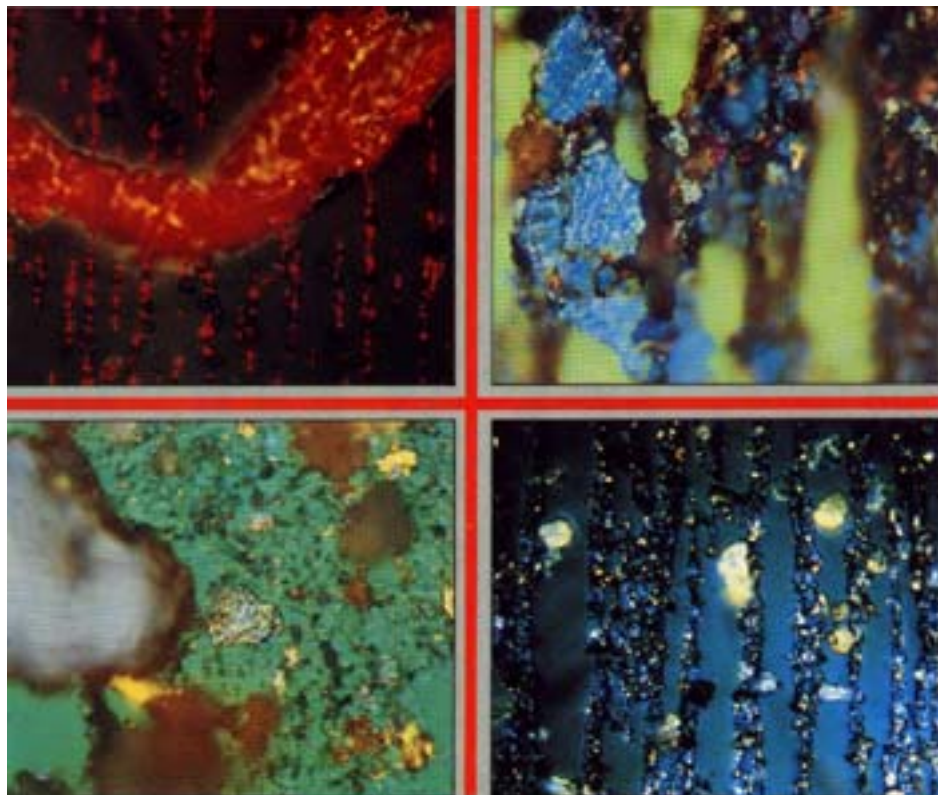
kovové částice jsou vlivem odraženého světla červené. Pro rozlišení některých polymerů je výhodné užit polarizované bílé světlo, případně jen bílé světlo procházející, či bílé světlo dopadající.

Ferromikroskopické vyšetření ferrogramu má charakter kvalitativní i kvantitativní. Kvalitativní vyšetření zahrnuje určení tvaru, velikosti a chemické složení částice, případně mechanismu jejího vzniku. Kvantitativně je posuzován výskyt některých typických tvarů částic v zorném poli mikroskopu.

Podstatné rozšíření možností ferromikroskopie představuje analýza ferrogramu zahřátého na vyšší teplotu, tzv. HFA (z angl. „Heated Ferrogram Analysis) – analýza. Ferrogramy zahřáté na teploty 330 – 480 °C po dobu devíti vteřin (cca 90 s), mění svoji barevnou strukturu částic pozorovanou v bílém světle. Takovouto úpravou se lépe určují druhové částice ferrogramů. Obr. 3.2 ukazuje takto upravené částice:

- Modrá – částice Fe, Cr, Ni, uhlíková ocel
- Světle žlutá – nerez ocel
- Bílá – nerez ocel
- Zlatožlutá – bronzy, mosazi
- Červené – Fe_2O_3 /železné oxidy/
- Černá – Fe_3O_4 /železné oxidy/
- Skořicové hnědá – litina

na zmíněném ferrogramu použitých motorových olejů je vidíme /zvětšené cca 1000-1200x/.



Obr. 3.2 Některé otěrové částice v bílém světle

Další možnosti poskytuje také rastrovací /scanning/ elektronový mikroskop (SEM). Neumožňuje sice rozlišit barvu částic a jejich případnou průsvitnost či průhlednost, ale poskytuje snímky s velkou hloubkou ostrosti a velkým zvětšením, čehož u optického mikroskopu nelze dosáhnout. Navíc, s využitím příslušenství umožňuje identifikovat chemické složení částice.

Ferrografické poznatky se zaznamenávají do celkového ferrografického protokolu.

Klasifikace otěrových částic v ferrografickém protokolu podle:

- druhu :
 - a. železné, neželezné, nekovové
 - b. adhezivní, abrazivní, sférické, lamelární, únavové, korozivní, mezní, katastrofické
- tvaru a velikost:
 - a. řetízky, šupinky, jednorozměrové do 2 μm
 - b. drátky, srpky, dvourozměrné únavové 2-5 μm
 - c. kulovité, dvourozměrné sférické 2-5 μm
 - d. zrnité, trojrozměrné 10-100 μm
- počtu výskytu částic:
 - a. malý – do 6 částic
 - b. střední – 6-12 částic
 - c. značný – nad 12 částic / určováno v mikroskopu/

4 ANALÝZA MAZIV ODEBRANÝCH Z AGREGATŮ MOTOROVÝCH VOZIDEL V MONGOLSKU

K závěrečné práci bylo změřeno 63 olejových vzorků od 9 typů mobilních strojů. Z toho byly vybrány k posouzení 4 typové řady:

1. YA3 – 315314, vzorky číslo: 1-2 M, 4-1P.
2. ГA3 – 3307, vzorky číslo: 2-2 M, 5-1P.
3. Excel /Hyundai/, vzorky číslo: 3-1M, 6-1P.
4. Škoda Favorit Š781, vzorky číslo: TW1 – TW6, P.

Ostatní vozidla mají prozatím po cca 2 – 3 měřeních, která nedostačují k celkové charakteristice vyhodnocení. Pro uvedené vzorky byly zpracovány tři závislostní charakteristiky : I_{io} , WPC, PLP v závislosti na počtu ujetých kilometrů. V grafickém zobrazení “X” souřadnice vždy udává počet, celkem km, “Y” souřadnice pak získané hodnoty I_{io} , WPC a PLP.

4.1 UAZ – 31514 /YA3 – 31514/

Mazivo bylo odebíráno z motoru od 16. 5. 2000 do 2. 10. 2001. Mezitím automobil najel 55541 km v těžkém provozu Mongolska, jak již bylo řečeno asi 90% na nebezpečných vozovkách a terénu. Automobil, typický terénní vůz, je v Mongolsku velmi

rozšířen. Hodnocení otěru v oleji bylo prováděno po ujetí určitého počtu kilometrů, které jsou uvedeny v tab. 4.1. Olej nebyl vyměňován, pouze doléván, v rámci experimentu. Vzorky otěru byly získány pomocí ferrografu a vyhodnoceny pomocí ferrometru. Výsledky jsou rovněž uvedeny v následující tab. 4.1.

Tabulka naměřených hodnot :

Tabulka 4.1

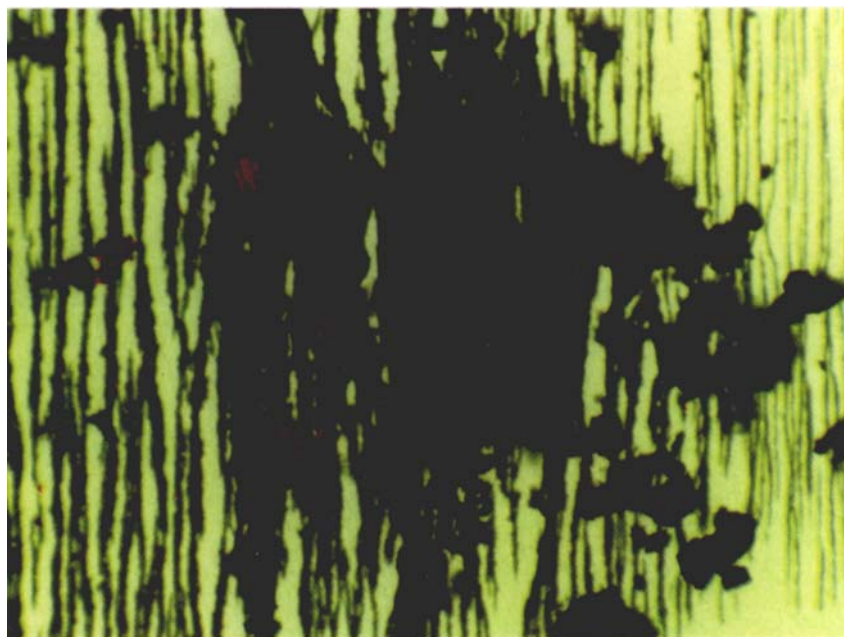
Vzorek číslo	D _L	D _S	D _L ⁰	D _S ⁰	WPC	PLP	I _{io}	Počet /km/ celkem	
1-2M	11,2	4,5	2,24	0,9	3,14	71,33758	4,2076	93266	off road
	16,5	8,2	3,3	1,64	4,94	66,801619	8,2004	96536	off road
	49,8	15,2	9,96	3,04	13	76,615385	89,96	113456	off road
	97,5	29,9	19,5	5,98	25,48	76,530612	344,4896	114646	off road
	89,7	30,1	17,94	6,02	23,96	74,874791	285,6032	128847	off road
	98,3	30,7	19,66	6,14	25,8	76,20155	348,816	148807	off road

Tabulka 4.2

VUT v Brně FSI, Ustav Konstruování, Odbor výzkumu a vývoje	PROTOKOL FERROGRAFICKÉ ROZBORU	stroj: YA3 - 315314																																																											
1. Identifikace vzorku		2. Ferroskopie - zvětšení mikroskopu: 1000-1200																																																											
Datum odběru: 16.5.2000 - 2.10.2001 Označení vzorku: 1-2M, 4-1P Maziva: AC3π - 10 Stav /km/ (Mh): 148807 km		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Množství částic Druh částic v oblasti L a S</th> <th colspan="4">počet částic v zorném poli</th> </tr> <tr> <th>žádné</th> <th>málo: < 6</th> <th>středně: 6-12</th> <th>mnoho: > 12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>adhezivní (lamelární)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>abrazivní (řezné)</td> <td></td> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> <tr> <td>únavové</td> <td></td> <td>*</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>velké úlomky</td> <td></td> <td>*</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>kulovité</td> <td></td> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> <tr> <td>oxidy</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>korozivní</td> <td></td> <td>*</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>neželezné</td> <td></td> <td>*</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>nekov. krystal</td> <td></td> <td>*</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>nekov.amortní</td> <td></td> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Množství částic Druh částic v oblasti L a S	počet částic v zorném poli				žádné	málo: < 6	středně: 6-12	mnoho: > 12	adhezivní (lamelární)				*	abrazivní (řezné)			*		únavové		*			velké úlomky		*			kulovité			*		oxidy				*	korozivní		*			neželezné		*			nekov. krystal		*			nekov.amortní			*	
Množství částic Druh částic v oblasti L a S	počet částic v zorném poli																																																												
	žádné	málo: < 6	středně: 6-12	mnoho: > 12																																																									
adhezivní (lamelární)				*																																																									
abrazivní (řezné)			*																																																										
únavové		*																																																											
velké úlomky		*																																																											
kulovité			*																																																										
oxidy				*																																																									
korozivní		*																																																											
neželezné		*																																																											
nekov. krystal		*																																																											
nekov.amortní			*																																																										
3. Ferrodensimetrie																																																													
Absorpce měření: /D _L / 11,2 - 98,3																																																													
Absorpce měření: /D _S / 4,5 - 30,7																																																													
Absorpce standardizovaná: /D _L ⁰ / 2,24 - 19,66																																																													
Absorbace standardizovaná: /D _S ⁰ / 0,9 - 6,14																																																													
Koncentrace částic : /WPC/ 3,14 -25,80																																																													
Velké částice: /PLP/ 66,80 - 76,61																																																													
Index intenzity: /I _{io} / 4,2 - 348,81																																																													
intenzita opotřebení - velmi vysoká																																																													
Datum:	Vypracoval:	Připravil:																																																											
	Doc.Ing. Dušan Kolář, CSc Ing. Tumurbaatar Heruuga																																																												

4.2 VYBRANÉ VÝSLEDKY ANALÝZY FERROGRAMU

Jedná se o zajímavé výsledky získané z motorového oleje vozu UAZ – 31514. Otěrové částice oxidů Fe_2O_3 a Fe_3O_4 . Odstín je způsoben výší teploty, za které otěrové částice vznikly. Tato fotografie je pořízena z ferrogramu motorového oleje z automobilu UAZ – 31514 po ujetí 148847 km. /citlivost filmu 100 ASA, čas 1/2/. /viz. Obr. 4.1 a Tabulka 4.2/.



Obr. 4.1 /zvětšeno 500x/

4.3 PŘEVODOVÝ OLEJ

Automobil UAZ – 31514 stejně jako následující následní automobil GAZ – 3307 používají převodový olej Тап – 15В rovněž ruské výroby, který se vyznačuje velmi tmavými základními frakcemi. Tento nelze běžnou metodou vyhodnocovat, a musel by být proveden časově náročný výzkum metodiky. Určité náhradní zkoušky tohoto oleje ukázaly, že otěr je normální.

4.4 UVEDENÉ VYPOČTENÉ HODNOTY BYLY ZPRACOVÁNY DO GRAFICKÝCH ZÁVISLOSTÍ /Obr.4.2 - 4.4/

Tabulka. 4.3 udává vyhodnocení otěru v závislosti na počtu ujetých kilometrů. Tyto údaje jsou v následujícím znázorněny grafickou regresní funkcí s parametry funkce a korelace. Ukázalo se, že nejlépe dané tribologické závislosti vystihuje exponenciální funkce typu $Y=\exp(a+b*X)$. Jak již bylo řečeno, jedná se ohodnocení tribologických parametrů, které se vyznačují velkým rozptylem měřených hodnot. Následující obr. 4.2 udává průběh hodnot koncentrace částic otěru /WPC/ včetně hodnoty parametrů /a/ i /b/ a součinitelů vyjadřujících korelaci k naměřeným hodnotám.

Tabulka. 4.3

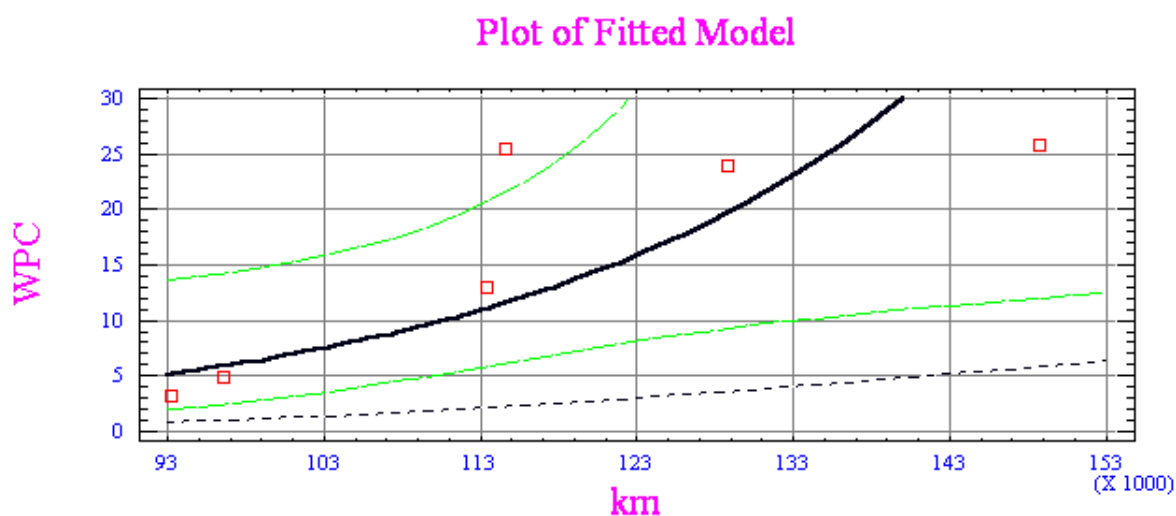
a. Regression Analysis - Exponential model: $Y = \exp(a + b \cdot X)$

Dependent variable: **WPC /koncentrace částic otěru/**

Independent variable: **km /ujetá dráha/**

Parameter	Standard Estimate
a	-1,85652
b	0,0000375387

Correlation Coefficient = 0,846181



Obr. 4.2

Další Obr. 4.3. a Tabulka. 4.4 znázorňuje průběh dalšího parametru PLP, což český znamená plošné procento velkých částic. Exponenciála zde přechází téměř v přímku.

Tabulka. 4.4

b. Regression Analysis - Exponential model: $Y = \exp(a + b \cdot X)$

Dependent variable: **PLP /procento velkých částic/**

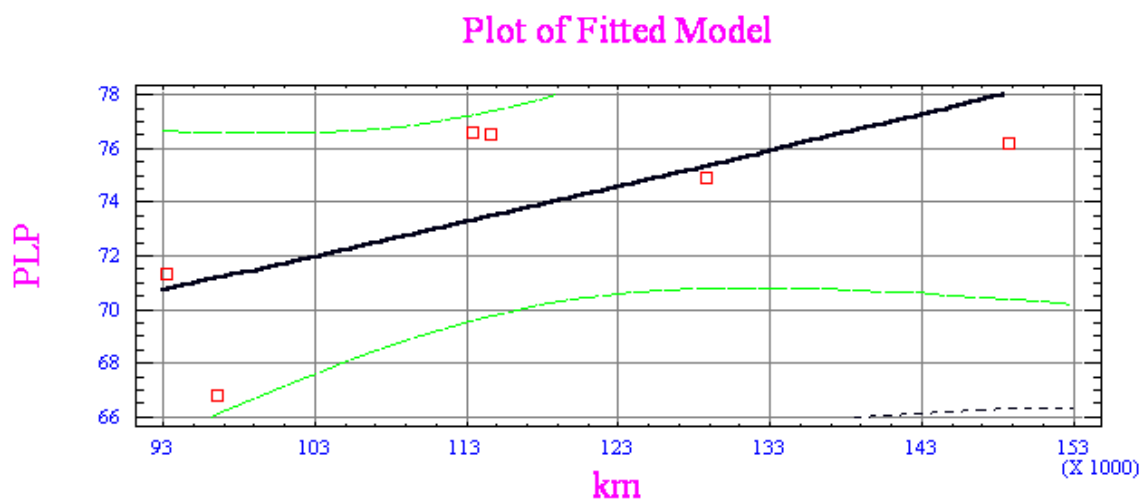
Independent variable: **km /ujetá dráha/**

Parameter	Standard Estimate
a	4,09371
b	0,00000177207

Correlation Coefficient = 0,670056

R-squared = 44,8975 percent

Standard Error of Est. = 0,0454642



Obr. 4.3

Na Obr. 4.4 a v Tab. 4.5 je znázorněn index intenzity opotřebení.

Tabulka. 4.5

c. Regression Analysis - Exponential model: $Y = \exp(a + b \cdot X)$

Dependent variable: I_{io} / index intenzity opotřebení/.

Independent variable: km / ujetá dráha/

Parameter	Standard Estimate
-----------	-------------------

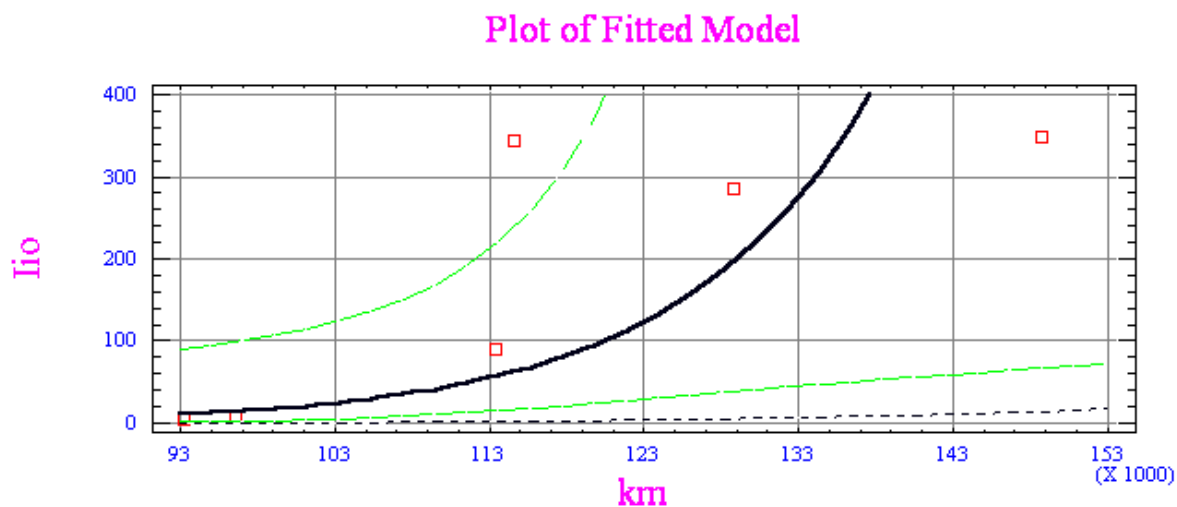
a	-5,1493
----------	---------

b	0,0000809242
----------	--------------

Correlation Coefficient = 0,845328

R-squared = 71,4579 percent

Standard Error of Est. = 1,18443



Obr. 4.4

5 VÝSLEDEK ANALÝZY

a. Výsledek analýzy motoru:

WPC charakteristiky /obr. 4.2/ mají vzestupný charakter, vykazující vzrůstající tvorbu částic. Grafy WPC /obr. 4.2/ vytváří výraznou exponenciálu. Dokazuje to překotný růst otěrových částic s možností blížícího se havarijního stavu. I když jsou hodnoty v přípustném rozmezí, lze podle rovnice usuzovat o dalším prudkém nárůstu. Vzhledem k tomu, že strojní jednotka má teprve 1/3-1/2 počet ujetých km do generální opravy, doporučuje se i k rostoucím hodnotám PLP /obr. 4.3/ okamžitě vyměnit olejovou náplň a provést dílčí demontáž motorové části, protože strojní jednotky jsou jen cca 4 roky staré. PLP /obr. 4.3/ s počtem kilometrů roste.

Vzorky automobilů UAZ-31514 a GAZ-3307 obsahují převážně částice abrazivního otěru, který signalizuje zvýšené namáhání, opotřebení strojních částí. V pozici „S“ ferrogramu je výskyt klínových kovových částic. Kovové trojrozměrné částice o velikosti cca 34-50 μm signalizují větší opotřebení klikového mechanismu a ojnicích čepů. Značný výskyt oxidových částic Fe_2O_3 , Fe_3O_4 signalizuje vysoké opotřebení s výskytem oxidových částic rozměru až 80 μm . Z tohoto pohledu lze soudit, že tato auta byla vystavena velmi velkému tepelnému namáhání a mechanickému přetěžování.

Výsledek analýzy podává návrh na:

- zkvalitnění filtrace olejového media
- dodržení předepsaného teplotního režimu stroje
- provedení detailnější technické diagnostiky opotřebení ojnicích čepů a kliky při nejbližší technické prohlídce
- zkrácení doby výměny vzduchových filtrů

b. Výsledek analýzy převodovky:

Převodovka vozu Favorit Škoda pracovala v režimu opotřebení sice mírném, což se projevilo v nízké PLP a I_{i_0} , hladina opotřebení zjišťovaná ferrodimenzitrickým rozbořem WPC je nízká. Toto opotřebení není havarijního charakteru, protože nedochází k tvorbě velkých částic, ani nebylo pozorováno abrazivní opotřebení s typickými tvary.

Z uvedeného lze závěrem potvrdit, že pro další práci na ferrografické diagnostice olejů je nutno mít definovány provozní podmínky, musí být zajištěn cyklický, pravidelný odběr vzorků od téhož stroje, aby byla patrná geneze vývoje strojní jednotky v dalším časovém úseku. Pojetí práce mělo ukázat možné metody bezdemontážní diagnostiky a její způsob provádění, rozsáhlost experimentu na vybraných vzorcích podle typu uživatele techniky.

Vlastní práce ukázala, že původní záměr uživatele techniky, využít pouze ferrografickou analýzu bez doplnění přesného sledování a přesného režimu odběru je ještě málo průkazný. Pro ověření citlivosti metody ferrografie je nutno použít srovnávací metodu u níž jsou parametry citlivosti známé.

Pozn.: Je nutné poznamenat, že uplatňování tribotechnických diagnostik je v řadě oborů doposud podceňováno – i v průmyslově vyspělých státech. Jsou jen částečně známé a vyčíslené technické a ekonomické důsledky, které tribotechnika umožňuje. Chybějí, a to je velmi důležité, komplexní informace o celosvětovém stavu ve vývoji, využívání i zevšeobecnování (normování) údajů. Jde o nový obor který má charakter bezmontážní diagnostiky, což je zvláště důležité pro preventivní péči o stroje a zařízení.

6 ZÁVĚR PRO REALIZACI V PODMÍNKÁCH MONGOLSKA

Za perspektivní se jednoznačně jeví doporučovat v rozvojových zemích orientaci na provozní tribotechnickou diagnostiku využívající speciální přístrojovou techniku mobilního či přenosného charakteru. Musí se používat techniky vhodné přímo do provozních podmínek, umožňující poskytnout uživateli či provozovateli objektivně jednoznačnou a rychlou informaci o stavu opotřebením kontrolovaného agregátu, uzlu apod., na základě stavu média. Přístroje musí dát jednoznačný výsledek, zda je další provoz do následující kontroly možný nebo nikoliv.

Jednoznačná objektivita musí sledovat, aby se v maximální možné míře vyloučily chyby, které nevyhnutelně vznikají při obsluze přístrojové techniky a podobně. Vyhodnocení vzorků však musí být jednoznačně dáno přístrojem.

Už zmíněný nutný požadavek na rychlost prací spojených s tribotechnickou diagnostikou klade podmínku také na jednoduchost obsluhy kontrolně-měřících souprav a techniky. Jen toto spojení dává předpoklad ekonomické přijatelnosti sebezpracnější, přesnější, či jinak unikátní techniky. Na zřeteli musí být v první řadě také to, zda neopatrným resp. neodborným zásahem budou škody na technice vysoké nebo nízké.

Celkově se sleduje optimalizace zpětnovazebního okruhu diagnostika-údržba-oprava-provoz-diagnostika, která má být efektivní, musí být pružná a co nejtěsnější, hlavně ve vztahu k uživateli.

Idealizovaný cíl je možné dosáhnout jen přes zvládnutí všech mezičlánků, což je úloha nesmírně složitá. V podmínkách určení je potřebné zdůraznit, že již částečné úspěchy mohou sehrát velmi důležitou úlohu, a když se podíváme na celkovou záležitost z pohledu tribotechnického, bude zřejmě potřebné překlenout navzdory samotnému vztahu také otázky důvěry v tuto novou oblast.

Pro uvedené cíle je třeba navrhnout nejvhodnější metody a přístrojovou techniku, které by se mohly s výhodou prakticky uplatnit v Mongolsku a dalších rozvojových zemích, a které by měly splňovat optimální požadavky.

Pozn.: V Mongolsku většina cest na venkově není bezprašná. Vozidla jezdí jednak v tajze s drsnými zimními mrazy, v poušti s obrovskými letními teplotami, tak i v horách se strmými svahy a velkými výkyvy denních teplot. Prudké lijáky, sněhové a písečné bouře jsou v takových krajích běžnou záležitostí, spousta vozidel tam má velké potíže. Většina cest je hlinitá, případně písečná. Je pro to anglický název „off road“. Od roku 2001 se u nás připravuje stavba dvou silničních koridorů kontinentálního významu. Je to především koridor západ – východ (délka 2000 km), sever – jih (1000 km). Délky jsou uvažovány na území Mongolska. Koridory povedou přes celou škálu různých klimatických a výškových pásem.

7 SEZNAM POUŽITÉ REŠERŠNÍ LITERATURY

1. Časopis - Tribotechnické informace, ročník 1999- /1,2,3,4/ ; 2000- /1,2,3,4/ ; 2001- /1,2,3/.
2. BOHÁČEK, F. a kol.: Části a mechanismy strojů II (Hřídele, tribologie, ložiska), ISBN 80-214-0829-4, 1983.
3. BLAŠKOVIČ, P.; BALLA, J. ; DZIMKO, M. : Tribologia, ISBN 80-05-00633-0, 1990.
4. BEČKA, J.: Tribologie, ISBN 80-01-01621-8, 1997.
5. HUTCHINGS, I.M.: Tribology, Friction and Wear of Engineering Materials, ISBN 0-340-56184x, Agency – London W1P9HE, University of Cambridge, 1992.
6. MOORE. D.F.: Principles and Applications of Tribology, Pergamon, Oxford, 1975.
7. KOLÁŘ, D. a kolektiv.: Hodnocení tribologických vlastností vybraných typů zároveň stříkaných povlaků, Výzkumná zpráva VUT-FS-6-VT 32/95, Brno, 1995.
8. Kolektiv autorů.: Metals Handbook, 1985.
9. RABINOWICZ, E.: Friction and Wear of Materials, USA, 1965.
10. SUH.N.P.: An overview of the delamination theory of wear, Wear, 1977.
11. ODI-OWEI . S, PRICE. A.L, and ROYLANCE. B.J.: An assessment of Quantiment as an aid in the analysis of wear debris in ferrography, WEAR, 1977.
12. ROYLANCE. B.J, JONES. M.H, and PRICE. A.L.: Quantitative analysis in Ferrography, London, 1978.
13. REDA. A.A, BOWEN. E.R and WESTCOTT. V.C.: Characteristics of particles generated at the interface between sliding steel surfaces, Wear, 1975.
14. KOLÁŘ, D.: Vliv maziva na trvanlivost valivých kontaktů, Habilitační práce, Brno 1980.
15. ŠAFR, E.: Technika mazání, 2 vydání, vydalo SNTL Praha, 6619. 1970.
16. Názvosloví spolehlivosti, ČSN 01 0102, 1979.
17. WILLIAMS, J.A.: Engineering Tribology, Oxford Science publication, 1994
18. ŠARF, E. a kol.: Tribotechnika, 1vydání, 1984.
19. HORST CZICHOS.: Tribology, ISBN 0-444-41676-5, Amsterdam, 1978.
20. VOCEL, M., DUFEK, V.: Tření a opotřebení strojních součástí, Praha, 1976.
21. КРАГЕЛЬСКИЙ, И.В., АЛИСИН, В.В.: Трение изнашивания и смазка, Москва, 1978.
22. ГАРКУНОВ, Д.Н.: Триботехника, Машиностроение, 1996.
23. АВДАЙ.Ч., нар .: Тосолгооны материал, Улаанбаатар, 2000.
24. НИГАМЕТ, Т., ДАВААЖАВ, Т.: Шатах тослох материал ба техникийн шингэн, Улаанбаатар, 1996.
25. МИНЖҮҮР, Т.: Батжуулах – хамгаалах бүрхүүл бий болгох технологийн судалгаа, Монголын Их Дээд Сургуулиудын Холбоо, 1996.
26. МИНЖҮҮР, Т., ХЭРҮҮГА, Т.: Гол хэлбэрийн эд ангийг сэргээн засах технологи боловсруулах асуудалд, Улаанбаатар, 1999.
27. АРТЕМЬЕВ, Д.Н.: Качество ремонта и надежность машин в сельском хозяйстве, - М.Колос, 1975.
28. БИЛИК, Ш.М.: Макрогеометрия деталей машин, Москва, 1972.
29. KOLÁŘ, D.: Analýza trvanlivosti valivých kontaktů, Kandidátská disertační práce, VUT v Brně FSI, 1979.
30. KOLÁŘ.D.: Výpočet trvanlivosti velkorozměrových valivých ložisek pracujících v extrémních podmínkách, Knihnice odborných a vědeckých spisů VUT v Brně, 1979.

31. KOLÁŘ, D a kol.: Části a mechanismy strojů, konstrukční cvičení 1 VUT v Brně FSI, 2000.
32. ŠTĚPINA, V., VESELÝ, V.: Maziva v tribologii. Veda, SAV 1985.
33. JANÍČEK, P., ONDRÁČEK, E.: Řešení problémů modelováním, ISBN 80-214-1233-X, VUT v Brně, FSI, 1998.
34. ВАСИЛЕНКО, П.М., ПОГОРЕЛЫН.: Основы научных исследований, Киев, 1985.
35. КОРН, Г., КОРН, Т.: Справочник по математике для научных работников, Москва, 1973. /перевод со второго американского переработанного издания/.
36. OTTO, K.: Tribotechnická diagnostika motorového oleje a systematická preventivní péče o naftové motory v zemědělství, VŠZ, Praha, 1980.
37. KOVÁŘ, J., OTTO, K.: Možnosti využití tribotechnické diagnostiky v systému preventivní péče o zemědělskou techniku, průběžná zpráva výtisku č.3, VŠZ, Praha, 1980.
38. BIČKOVSKÝ a kol.: Vývoj jednoduché diagnostické metody pro stanovení kovů v oleji a její ověření, Technický sborník, VÚ ČKD 28, Praha 1976.
39. KOVÁŘ, J., OTTO, K.: Částicová analýza I, Významná metoda pro stanovení režimu opotřebení stroje, VŠZ, kat. chemie, Praha.
40. KOVÁŘ, J., OTTO, K.: Částicová analýza II, morfologie otěrových částic, VŠZ, kat. chemie, Praha.
41. PEJŠA, L.: Technická diagnostika jako součást metodiky sledování provozní spolehlivosti strojů, Sborník MF, VŠZ, Praha, 1980.
42. HEKMAT AL HAKIM.: Tribotechnická diagnostika mazacích médiích prevodových systémov, aplikovatelná na poľnohospodársku techniku, Kandidatská dizert. práce, VŠT Košice, 1983.
43. HEKMAT AL HAKIM., ONDIRKOVÁ, J.: Analýzy olejov v prevádzke, DNT 98, vysoké Tatry, Apríl 1998.
44. SEIFERT, W.W., WESTCOTT, V.C.: A method for the study of wear particles in lubricating oil, Wear, 21, 1972.
45. HÁLA, A.: „Indukce a intenzita magnetického pole v pracovní šterbině ferrografu REO-1“ (Brno, Vojenská akademie, Vnitřní výzkumná zpráva pro Tribologickou laboratoř letectva AČR, 1995).
46. MAREK, V.: „Ošetřování maziv a technologických kapalin“ (na semináři), Vliv čistoty oleje na provozní spolehlivost strojních zařízení, V Praze-prosinec 2000.
47. „Scientific Image Analyzer DIPS verze 4.0“., Referenční příručka, Sofo 1992.
48. BOHUMIL, M.: „Empirické modely“, Analýza inženýrského procesu, ISBN 80- 214 – 1984 – 9, BRNO 2001.
49. FELIX, K a kolektiv.: STATGRAPHICS, 1992 Praha, ISBN 80-85424-70-3.

Přehled použitých internetových adres

1. <http://www.tribotechnika.cz/>
2. <http://www.fme.vutbr.cz/kataiog-khihy.htm>. (Brno University of Technology)
3. <http://www.mzk.cz/katalogy/> (Moravská zemská knihovna Brno)
4. <http://www.stk.cz/> (Státní technická knihovna)
5. <http://www.vslib.cz/> (Technical University Liberec)
6. <http://www.cvut.cz/> (The Czech Technical University of Prague)
7. <http://www.vsb.cz/> (VŠB- Technical University Ostrava)
8. <http://www.didoret.cz/> (Velké všeobecné encyklopedie)
9. <http://ms.anet.cz/~techlab/tribotech.htm>. (ČSD Technické laboratoře, a.s)

8 Summary

This theses is the result of a deep analysis of existing real methods of the tribotechnical diagnostics as well of the contemporary level of instrumentary technics, which can be seen as a basis for choice and proposal of applied methodics to be used in the field of technics with respect to of developing countries, especially in Mongolia.

The contemporary world problem in the sphere of energy and fuel supplies demands in the technics from the point of the fuel consumption and lubricants a high attention and searching for reserves in their economizing. The care of the above described machinery in the territories of Mongolia according to the results of my work requires the maximum exploitation of the machine stoke without any demanded repair with maximum use from the point of service life, taking into account condition of low price of lubricants, high costs of imported mashinery, shortage of service, unreadness of skilled staff and weak connection between the manpower and the modern technics.

CURRICULUM VITAE

Personal details:

Name: Tumurbaatar Heruuga
Date of birth: 27 October 1973
Address: Ulaanbaatar -24
P.O.Box -529, Mongolia
Marital status: Married

Education and qualifications:

1999 – 2002 Postgraduate doctorate study at Faculty of Mechanical Engineering at Brno University of Technology

1996-1999 Agricultural University of Mongolia's postgraduate courses for the degree of Master
Title of my thesis :
“Renovation methods for tempered shaft”
Diploma for degree of Master . № 980118 /Excellent/

1991-1996 The degree of Bachelor at the Agricultural University of Mongolia, Faculty of Agricultural Engineering
Diploma of Bachelor. № 122046 /Gold medallist. № 330/.

1981-1991 Secondary school of Zavchan in Mongolia.

Work experience:

1996-1999 Teacher at the Department of General Technics, Faculty of Agricultural Engineering, The Agricultural University of Mongolia.

Interest and activities: Computers, cars, driving of cars.

References:

Technical Univesity of Brno:
Doc. Ing. Dušan Kolář, CSc.
Head of The Science and reseach
Department
Address: Fakulta strojní
Technická – 2
616 69 Brno
Telephone: 05/ 41143232
05/ 41143337

Mongolia Agricultural University:
Prof. Tume Minjuur, Dr.Ph
Head of Defartment of General Technics.
Address: Ulaanbaatar 210153
Zaisan, MAU, Mongolia.
Telephone: 976-11-341652
976-11-341770

.....
Heruuga Tumurbaatar
E-mail: heruuga@email.cz
Telephone: 05/41142723

PŘEHLED AKTIVIT

Grantové úkoly:

- **Obnova klikového hřídele motoru.** (V Mongolsku, 1998-1999). Během této výzkumné práce zkonstruoval a vyrobil potřebná zařízení, zpracoval metodiku a technologii, obhájil právo na patenty nových postupů a zlepšovacích návrhů, čímž byly ověřeny výsledky výzkumu.
 1. Patent. č. 1209.
„Metoda obnovy hřídele“.
 2. Zlepšovací návrh. č. 23251
„Zakružování ocelových pasků“.
 3. Zlepšovací návrh. č. 23900
„Metoda elektrického natavování“.
 4. Zlepšovací návrh. č. 23901
„Zkušební stav na zjišťování opotřebení čepu hřídele“.
 5. Zlepšovací návrh. č. 23902
„Zařízení pro instalaci ocelového kroužku na čepu obnovovaného kroužků“.
 6. Zlepšovací návrh. č. 230903
„Pracovní místo pro tepelné zpracování ocelových kroužků“.
 7. Zlepšovací návrh. č. 23905
„Experimentální laboratoř pro výzkum technologie obnovy hřídel“.

Pozn.: Informace o výše uvedeném patentu, zlepšovacích návrzích byly publikovány v časopise, „Patentové vlastnictví“ č. 2 /57/ z roku 1999.

- **Tribologické hodnocení otěru v závislosti na provozních podmínkách,** (FP 310029, VUT v Brně, 2000-2001).
- Účast na řešení grantového úkolu „**Mezní stavy progresivních materiálů s využitím nestandardních metod zkoušení**“, č. 101/96/K264, Grantová agentura České republiky, hlavní řešitel Doc. Ing. Dušan Kolář, CSc., FSI VUT v Brně.

Přehled publikovaných prací:

- **T. MINJUUR., T. HERUUGA.:** „Zpracování technologie obnovy klikového hřídele motoru“, Ulaanbaatar, 1999.
- **J. BATBAYAR., T. HERUUGA.:** „Teoretická mechanika“, Ulaanbaatar 1998.
- **KOLÁŘ, D., T. HERUUGA.:** „Tribologické hodnocení otěru v závislosti na provozních podmínkách v Mongolsku“, FSI Junior konference, Brno 2001, ISBN: 80-214-2071-5.