

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA

**SKÚMANIE ZÁVISLOSTÍ TERMOFYZIKÁLNYCH
A TECHNOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ BIOMAZADIEL**

Bakalárska práca

2010

Juraj ZAUJEC

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA

**SKÚMANIE ZÁVISLOSTÍ TERMOFYZIKÁLNYCH
A TECHNOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ BIOMAZADIEL**

Bakalárska práca

| | |
|----------------------|---------------------------------|
| Študijný program: | Prevádzková bezpečnosť techniky |
| Študijný odbor: | 5.2.57 Kvalita produkcie |
| Školiace pracovisko: | Katedra fyziky |
| Školiteľ: | RNDr. Vlasta Vozárová, PhD. |

NITRA 2010

Juraj ZAUJEC

Abstrakt

Bakalárska práca sa zaoberá vlastnosťami mazadiel z technologického a termofyzikálneho hľadiska. Mazadlá sú dôležitou súčasťou všetkých strojov, preto sa kladie požiadavka na výrobu šetrnejších produktov ohľaduplných k životnému prostrediu, my sme sa zamerali na biomazadlá.

Práca poskytuje základné informácie o mazadlách, ich charakteristiku, rozdelenie a významné technologické vlastnosti.

Ďalej sa práca venuje biologickým charakteristikám mazadiel, najmä biologickej odbúrateľnosti, výhodám a nevýhodám biomazadiel. Experimentálne skúmanie závislostí termofyzikálnych a technologických vlastností biomazadiel bude predmetom riešenia diplomovej práce

Kľúčové slová : biomazadlá, termofyzikálne a technologické vlastnosti mazadiel

Abstract

This bachelor thesis deals with properties of lubricants of thermophysical and technological terms. Lubricants are an important part of all machines, so the requirement placed on production friendly products, environmentally friendly, we have focused on biolubricants.

The paper provides basic information about lubricants and their characteristics, distribution and significant technological properties.

The work is devoted to biological characteristics lubricants, especially biodegradation, advantages and disadvantages biomazadiel. Experimental investigation of dependencies and thermophysical technological features will be dealt biolubricants thesis

Keywords: lubricants , termophysical and technological preferences of lubricants

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Juraj Zaujec týmto vyhlasujem, že diplomovú prácu na tému „Skúmanie závislostí termofyzikálnych a technologických vlastností biomazadiel“ som vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry. Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak hore uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre, máj 2010

.....

Pod'akovanie

Touto cestou sa chcem úprimne poďakovať RNDr. Vlaste Vozárovej PhD., za jej odborné vedenie pri riešení a vypracovaní predkladanej bakalárskej práce.

POUŽITÉ OZNAČENIA

| | | |
|-----------|--------------------------------|---|
| a | koeficient teplotnej vodivosti | ($\text{m}^2 \cdot \text{S}^{-1}$) |
| c | hmotnostná tepelná kapacita | ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) |
| $c\rho$ | objemová tepelná kapacita | ($\text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}$) |
| D | hrúbka steny | (m) |
| F_t | сила posuvu | |
| dh | derivácia hrúbky | |
| dv | derivácia rýchlosti | |
| $grad$ | teplotný gradient | ($\text{K} \cdot \text{m}^{-1}$) |
| k | koeficient tepelnej vodivosti | ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) |
| ρ | hustota | ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) |
| q | vektor hustoty tepelného toku | ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) |
| Q | množstvo tepla | (J) |
| S | plošný obsah steny | (m^2) |
| T | teplota | ($^{\circ}\text{C}$) |
| $T_{1,2}$ | čas, za ktorý teplo prechádza | (s) |
| ν | kinematická viskozita | ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) |
| η | dynamická viskozita | ($\text{Pa} \cdot \text{s}$) |

OBSAH

| | |
|---|----|
| 1. Charakteristika biomazadiel | |
| 1.1. Mazivá..... | 11 |
| 1.2. Rozdelenie mazadiel..... | 12 |
| 1.2.1. Tuhé mazivá..... | 12 |
| 1.2.2. Plastické mazivá..... | 13 |
| 1.2.3. Plynné mazivá..... | 13 |
| 1.2.4. Kvapaln  mazivá..... | 14 |
| 1.3. Rozdelenie mazacích olejov z hľadiska výroby | 15 |
| 1.4. Rastlinn  oleje | 16 |
| 2. Charakteristick  vlastnosti biomazadiel z technologického hľadiska | |
| 2.1. Viskozita mazadiel..... | 17 |
| 2.1.1. Dynamick  viskozita..... | 18 |
| 2.1.2. Kinematick  viskozita..... | 18 |
| 3. Tribologick  vlastnosti mazadiel | |
| 3.1. Tribologia..... | 19 |
| 3.2. TRIBOTESTOR M“06..... | 20 |
| 3.3. Vplyv mazania..... | 22 |
| 4. Biologick  charakteristiky mazadiel | |
| 4.1. Bio odb rateľn  mazadlá..... | 22 |
| 4.2. Biologick  odb rateľn st' maziv..... | 23 |
| 4.3. Požiadavka na biomazadlá..... | 25 |
| 4.4. Výhody a nevýhody biomazadiel..... | 26 |
| 5. Termofyzik ln  vlastnosti | |
| 5.1. Teplotn  kritéria pre použitie maziv..... | 26 |
| 5.2. Bod zákalu a bod tuhnutia | 27 |
| 5.3. Hmotnostn  tepeln  kapacita..... | 28 |
| 5.4. Koeficient tepelnej vodivosti..... | 29 |
| 5.5. Koeficient teplotnej vodivosti..... | 30 |

| | |
|--|----|
| 5.6. Meranie termofyzikálnych vlastností prístrojom ISOMET 2104..... | 31 |
| 6. Záver..... | 33 |
| 7. Použitá literatúra..... | 34 |

1 Úvod

Rastúcou populáciou ľudstva stúpa výroba všetkých výrobkov, ktoré sa vyrábajú pomocou strojov. Každý stroj potrebuje na svoju prevádzkovú činnosť mazacie prvky, bez ktorých by stroje nemali takú dokonalú a trvácnu funkčnosť. Tieto stroje majú pri svojej prevádzke neustále úniky mazadiel do prostredia. Znečistenie životného prostredia neekologickými mazadlami spôsobilo následky, ktoré sa ťažko odstraňovali a niekedy mali trvalé a nevratné následky. Preto sa v priemysle začali vyvíjať ekologické mazadlá, ktoré sú šetrné k životnému prostrediu. Hlavným dôvodom pre používanie biomazadiel je, aby mazadlá pri uniku do životného prostredia čo najmenej zaťažovali a ovplyvňovali životné prostredie. Základnou výhodou biomazadiel je rýchly rozpad mazadiel a premena na neškodné prírodné prvky, vďaka baktériám, ktoré sa živia prvkami v mazadlách a premieňajú mazadlo na neškodlivé prvky ako napríklad voda alebo kyslíčnik uhličitý. Biomazadlá sú tvorené z prírodných organických produktov, ktoré zaručujú biologický rozpad biomazadiel pri uniku do životného prostredia.

Z hľadiska použitia biomazadiel sú dôležité ich funkčné vlastnosti, technológia spracovania a tiež ich termofyzikálne vlastnosti. V praxi sú pohyblivé časti strojov tepelne namáhané preto musia biomazadlá disponovať požadovanými vlastnosťami, ktoré vyhovujú týmto podmienkam. Pri vyšších teplotách si musia udržať dôležité vlastnosti ako viskozitu, tepelnú a teplotnú vodivosť a mnohé ďalšie.

Technologické a termofyzikálne vlastnosti biomazadiel je možné merať rôznymi meracími zariadeniami, napr. technologické vlastnosti biomazadiel môžeme zisťovať TRIBOSTESTROM M06, ktorý simuluje používanie biomazadiel v praxi za cieľom určiť kvalitu biomazadla. Termofyzikálne vlastnosti biomazadiel je možné merať ISOMETOM 2104. Na základe experimentálnych meraní môžeme opísať technologické a termofyzikálne vlastnosti biomazadiel, resp. ich skúmať ich vzájomnú súvislosť a posúdiť možnosti uplatnenia v praxi.

1. Charakteristika mazadiel

1.1. Mazadlá

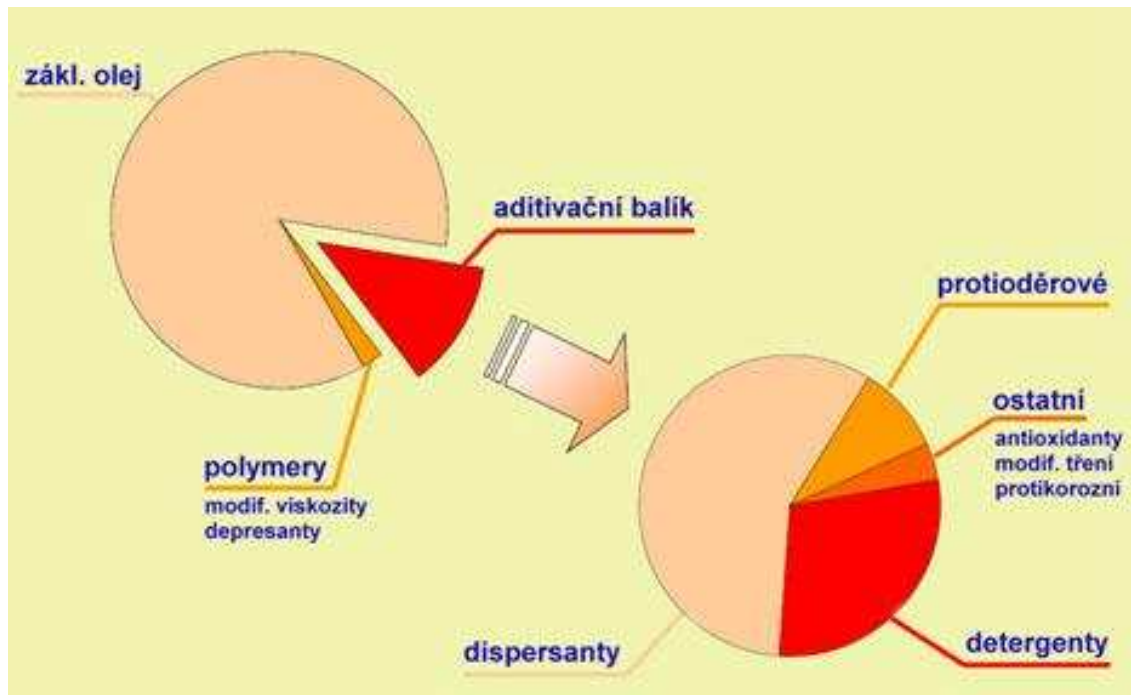
Mazadlo je neoddeliteľným prvkom všetkých strojov. Bez jeho prítomnosti by sa neodohrávali rôzne tribologické procesy v tribotechnike. Mazadlo je aktívny prvok tribologického systému. Jeho vlastnosti pôsobia na kvalitu strojov a určujú vlastnosti materiálových strát a tým ohraničujú technickú životnosť tribologického systému. Od mazadla sa očakáva čo najdlhšia používateľnosť bez zmeny jeho štruktúry a vlastností. Dobre priľnúť k mazanej ploche s nízkym vnútorným trením a dobrým odvodom tepla. Tesniace, antikoročné a viskozitné vlastnosti sa požadujú tiež aj na udržiavanie mazacích častí od nečistôt.

Mazivá rozdeľujeme na :

- Tuhé mazivá
- Plastické mazivá
- Plynné mazivá
- Kvapalné mazivá

1.1.1. Prísady do mazadiel

Pre lepšiu funkčnosť mazadiel a výsledné použitie sa používajú v mazadlách rôzne prísady (aditíva). Tieto prísady zlepšujú napr. viskozitu ktorá klesá pri zvyšovaní teploty preto jej hodnoty treba čo najlepšie optimalizovať aby jej funkčne vlastnosti boli čo najlepšie. Naopak pri nízkych teplotách sa hodnota viskozity mení len nepatrne. Ďalšie prísady v mazadlách sú napr. antioxidanty, antikoročné prvky, ktoré predlžujú životnosť strojov kvôli ochrane proti korózii materiálov. Na obrázku obr.1. vidíme konkrétnu schému zloženia mazadiel.



Obr.1. zloženie mazadiel

1 -základový olej , 2- aditívna balík 3 – polyméry (modifikátory viskozity, depresanty,), 4- protioderové prísady, 5-disperzanty, 6-detergenty, 7-ostatné (antioxidanty, modifikátory trenia, protikorózne prísady,)

1.2. Rozdelenie mazadiel

1.2.1. Tuhé mazivá

Tuhé mazivá sa uplatňujú pri trecích procesoch prebiehajúcich vľavo od minima v tribeckovom diagrame. Používajú sa predovšetkým v prípade mazania v podmienkach zmiešaného trenia, keď sú zložky plastických mazív alebo mazacích olejov. Tuhé mazivá sa vyznačujú dobrou priľnavosťou, nízkou tvrdosťou a chemickou stálosťou aj pri zvýšených teplotách. Tuhé mazivá rozdeľujeme na anorganické. Kde sú hlavnými predstaviteľmi grafitmolybdendisulfid s chemickou čistotou 99% a viac. Medzi organické tuhé mazivá sa zaraďujú aj mäkké kovy, predovšetkým Pb, Sn, In, Cd, Ag, Au a ich zliatiny a klzné laky.

1.2.2. Plastické mazivá

Plastické mazivá (mazacie tuky) sú koloidné sústavy gélov, zriedkavejšie soľou alebo rôsolov. Makroskopicky sú maslovité, vláknité, hubovité alebo zrnité. Pozostávajú z kvapalnej fázy (mazací olej) a z tuhých častíc disperznej látky. Vyznačujú sa tým, že pri bežnej teplote si zachovávajú svoj tvar. Sú schopné utesňovať uloženia proti vonkajším vplyvom a úspornosťou v spotrebe. Nevýhodou je malý odvod tepla, ľahké znečistenie mechanickými nečistotami a obmedzenie z hľadiska prevádzkových podmienok.

1.2.3. Plynné mazivá

Plynné mazivá sa používajú obmedzene pri aerostatickom alebo aerodynamickom mazaní klzných ložísk a uložení, ktoré pracujú pri vysokých obvodových rýchlostiach a otáčkach až do $10\,000\text{ s}^{-1}$, pri teplotách 250 až 350 °C a viac, v podmienkach kde nemožno použiť kvapalné mazivo. Ide predovšetkým o využitie vlastností niektorých plynov a ich zmesí:

- chemická stálosť pri nízkych teplotách
- nízka dynamika viskozity stúpajúca s narastaním teploty
- malé tlakové straty v uložení
- schopnosť pracovať v rádioaktívnom prostredí
- vylúčenie kavitácie a iné

Ako najbežnejšie plynné mazivá sa používajú vzduch , oxid uhličitý , dusík , hélium, vodík , vodná para a metán. (1)

1.2.4. Kvapalné mazivá

Kvapalné mazivá sú v súčasnosti najrozšírenejším druhom mazív. Ich použitie je v celej oblasti kvapalinového a zmiešaného trenia, t.j. pri hydrodynamickom, hydrostatickom, elastohydrodynamickom mazaní a pri mazaní v podmienkach zmiešaného trenia. Kvapalné mazivá možno rozdeliť na :

- Chemicky jednoznačné látky
- Homogénne zmesi
- Kvapalné disperzie

Najdôležitejšie a najrozšírenejšie kvapalné mazivá sú mazivá zo skupiny homogénnych zmesí – oleje. Mazacie oleje sú najčastejším používaným druhom mazív. Používajú sa hlavne tam, kde je možná aj hospodárna cirkulácia. Skladajú sa so zmesi základových olejov a účinných prísad. Tieto základné komponenty priamo určujú úžitkové vlastnosti mazadla. Charakteristické vlastnosti určuje základový olej. O jeho skutočnej výkonnosti potom rozhodujú použité prísady. Tie zlepšujú jeho základne aplikácie a funkčné vlastnosti.

- Antioxidanty
- Detergenty a disperzanty
- Antikorózne prísady
- Modifikátory viskozity a viskozitno-teplotnej krivky
- Vysokotlakové a protizadieracie prísady
- Protipenivostné prísady
- Mazivostné a proti oderové prísady
- Upravovač viskozity
- A iné

| | Ropné mazadlá | Repkové mazadlá | Syntetické mazadlá |
|---------------------------|---------------|-----------------|--------------------|
| Vysokoteplotné vlastnosti | - | + | + |
| Nízkoteplotné vlastnosti | 0 | - | 0 |
| Odolnosť voči opotrebeniu | - | + | + |
| Deemulgačná schopnosť | 0 | 0 | - |
| Oxidačná stabilita | + | -- | - |
| Teplotná stabilita | + | - | 0 |
| Hydrolytická stabilita | + | -- | 0 |
| Proti koroziívna ochrana | - | 0 | 0 |

Tab.1.vlastnosti mazadiel

1.3. Rozdelenie mazadiel z hľadiska výroby

Podľa pôvodu a spracovania mazadlá rozdeľujeme:

-Rastlinné a živočíšne mazadlá. Z hľadiska chemického zloženia to sú tuky, ktoré zásluhou prítomných polárnych skupín sa vyznačujú veľmi dobrou priľnavosťou ku kovu. Chemicky sú málo stáble, ľahko sa oxidujú a rozkladajú, ich životnosť je krátka. V menšej miere sa dodnes používajú na mazanie alebo ako prísada do iných mazacích prvkov. Sú to napr. mazadlá repkové, ricínové.

- Ropné mazadlá. Vyrábajú sa z ropy, nazývajú sa tiež minerálne. Po chemickej stránke sú zmesou uhlíkovodíkov približne s 24 až 40 uhlíkmi v molekule. Podľa spracovania ich delíme na :

a) Destiláty – sú to mazacie prvky vyrobené vákuovou destiláciou mazutu. Nie sú rafinované, preto sú tmavé, lacné a obsahujú rad látok s polárnymi skupinami. Dôsledkom toho majú dobrú mazaciu schopnosť, ale tiež nižšiu chemickú stálosť a životnosť. Používajú sa napr. pri mazaní častí poľnohospodárskych strojov pracujúcich pri nižších prevádzkových teplotách.

b) Rafinované mazadlá – sa získavajú rafinovaním destilátov. Sú chemicky stálejšie, ale tiež drahšie a následkom odstránenia polárnych skupín majú nižšiu mazaciu schopnosť.

c) Kompoundované mazadlá – sú ropné s prísadou rastlinného alebo živočíšneho oleja na zvýšenie príľnavosti.

d) Aditívované mazadlá – sú ropné oleje zušľachtené rôznymi prísadami – aditívami, ktoré priaznivo ovplyvňujú požadované vlastnosti. Používajú sa v podmienkach, kde použitie čisto ropných mazadiel nevyhovuje. Je to najpoužívanejšia skupina mazacích olejov.

- Syntetické oleje. Vyrábajú sa chemickými postupmi a sú drahšie ako ropné oleje. Z ekonomických príčin je ich používanie obmedzené, avšak perspektívne je s nimi treba počítať.

1.4. Rastlinné mazadlá

Rastlinné mazadlá sú vlastne triglyceridy priamo získané z rastlín a masťné kyseliny, priamo získané z triglyceridov. Môžeme ich považovať ako šetrné k životnému prostrediu, lebo pochádzajú z obnoviteľných zdrojov. Predstavujú vysokú úroveň biodegradability, nízku úroveň vodnej toxicity a nezhrmažďujú sa v prírode. Všeobecne je známe, že mazadlá na rastlinnej báze majú ohraničené použitie, čo závisí od stavby a štruktúry triglyceridov. Napríklad, ak sú masťné kyseliny tvoriace príslušného rastlinného oleja nasýtené, výkon oleja za nízkych teplôt bude veľmi slabý s porovnaním s rastlinným olejom pozostávajúceho z mono - alebo polynenasýtených masťných kyselín.

Zakalené druhy rastlinných olejov:

- repkový
- slnečnicový
- ricínový
- ľanový
- lojový

Biomazadlá sú najpoužívanejším mazadlom v hospodárstve. Sú zložené zo základových olejov a prísadových prvkov, ktoré určujú skutočné vlastnosti mazadla. Tieto prísady zlepšujú vlastnosti základového mazadla a mali by obsahovať prvky ako sú napr.:

- antioxidanty
- antikorózne prísady
- modifikátory viskozity
- vysokotlakové proti zadieracej prísade
- protipenivostné prísady
- detergenty a disperzanty
- a iné

2. Charakteristické vlastnosti biomazadiel z technologického hľadiska

- viskozita
- hustota
- kompresibilita
- tepelná vodivosť a tepelná kapacita
- bod tuhnutia a zákalu
- teplota horenia, vzplanutia
- farba
- a iné

2.1. Viskozita mazadiel

Viskozita je fyzikálna veličina, ktorá je spôsobená trecou silou medzi dvomi doskami, na ktorých je nanosená mazacia vrstva. Tlak pôsobiaci doskami na nanosený film vyvoláva vnútorné trenie a vplyvom šmykových (tangenciálnych) napätí spôsobuje šmykové trenie medzi doskami. Táto dôležitá vlastnosť mazacích olejov sa nazýva viskozita. Viskozita nie je stála vlastnosť mazadla, ale je závislá od podmienok v prevádzke, preto je žiaduce, aby sa viskozita mazadla menila čo najmenej v závislosti napríklad od tlaku a teploty. (5)

2.1.1 Dynamická viskozita

Podľa Brendela (1984) za podmienok, že nehmotná doska s plochou A sa pohybuje na homogénnej kvapalinovej vrstve hrúbky h a rýchlosti v . Podľa Newtonových zákonov sa sila posuvu vypočíta nasledovne :

$$F_t = \eta A \frac{dv}{dh} \quad /1/$$

F_t – sila posuvu

η – dynamická viskozita

A – plocha

dv – derivácia rýchlosti

dh – derivácia hrúbky

Súčiniteľ úmernosti η sa nazýva dynamická viskozita. Hodnota dynamickej viskozity je závislá hlavne na vlastnostiach príslušnej kvapaliny. Jednotka dynamickej viskozity je $\text{N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$. Používa sa tiež $\text{Pa} \cdot \text{s}$. (5)

2.1.2 Kinematická viskozita

Kinematická viskozita je pomer dynamickej viskozity a hustoty. Označujeme ju ν .

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad /2/$$

ν = kinematická viskozita

η = dynamická viskozita

ρ = hustota

Pri počítaní kinematickej viskozity je treba dbať na teplotu, ku ktorej sa vzťahuje údaj viskozity. Pri takej istej teplote musí byť meraná hustota. Kinematická viskozita sa dá aj technicky namerať. Jednotka kinematickej viskozity v medzinárodnej

jednotkovej sústave Si je $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$ Viskozita je veľmi dôležitou veličinou pre určenie , aký mazací olej máme použiť. Určuje aj zaťažiteľnosť a hrúbku mazacej vrstvy, straty trením, prietok oleja, vývin tepla a mechanickú účinnosť stroja. Viskozita mazacích olejov je veľmi závislá od teploty. Táto teplotná závislosť nie je u všetkých olejov rovnaká. Napríklad dobre vyrafinované parafínické oleje vykazujú pomerne malú závislosť viskozity a teploty. V mnohých prípadoch musíme pozerat' pri výbere mazacieho oleja hlavne na teplotu prostredia, v akom bude olej pracovať a podľa toho si určiť správny olej. U motorových olejov sa žiada malá teplotná závislosť, aby sa uľahčilo spustenie pri nízkych teplotách a mazací film zostával pri vysokých teplotách dostatočne stály a s vyhovujúcou viskozitou. Viskozita taktiež závisí od tlaku. Pri malých tlakoch je takmer zanedbateľná. Radovo pri tlakoch desiatok, prípadne stoviek NPA je treba prihliadať na zvyšujúcu sa viskozitu. Závislosť viskozity a tlaku má význam hlavne pre (5):

- Výpočet hrúbky mazacieho filmu
- Určenie tekutosti olejov v tenkých medzerách a trubkách
- Určenie čerpacej schopnosti olejov vo vysokotlakových zariadeniach

3 Tribologické vlastnosti mazadiel

3.1 Tribológia

Tribológia je technická veda, ktorá sa zaoberá trením a opotrebovaním kovových i nekovových látok, častí strojov, mechanizmov a podobne (wikipedia). Pod pojmom tribológia chápeme interdisciplinárnu vedu, ktorá sa zaoberá stavom a procesmi v prirodzených a umelých tribologických systémoch, vzájomným pôsobením povrchov pri ich relatívnom pohybe. Pojem tribológia sa prvý krát objavil v roku 1965 v správe pracovnej skupiny ustanovenej britským ministerstvom školstva a vedy , kde bola tribológia definovaná ako „veda a technológia zaoberajúca sa vzájomným pôsobením povrchov pri ich relatívnom pohybe a s tým spojená prax“. Názov má svoj pôvod v gréckych slovách „tribos“ a „logos“, ktoré sa dajú preložiť ako „veda o trení“. Vzájomná interakcia ako trenie. Dôsledok trenia je opotrebenie so stratou materiálu . Zníženie trenia a opotrebenia je možné voľbou mazaním . Hlavnou náplňou tribológie je teda štúdium a popis trenia, mazania a opotrebenia, s cieľom využívať získané

poznatky pri riešení technologických problémov. Trecie telesá, ktoré vzájomne integrujú spoločne s medzilátkou a okolitým prostredím vytvárajú tribologickú sústavu. V tejto sústave prebiehajú procesy, ktoré je možné rozdeliť na procesy kontaktné, procesy trenia, procesy opotrebenia a procesy mazania. Trenie a opotrebenie je možné znížiť voľbou vhodného mazania. Pri voľbe mazania je nutné brať do úvahy pracovné podmienky. V praxi sa často vyskytujú prípady, keď pracovné podmienky nedovoľujú použiť klasický spôsob mazania, či už kvapalinou alebo tuhým mazivom. Práve v takýchto prípadoch sa využívajú povlaky a vrstvy nanosené na stykové plochy, ktorých tribologické vlastnosti sú prispôsobené tak, aby čo najviac znížili trenie a opotrebenie v stykových plochách.(2)

3.2 Meranie tribologických vlastností TRIBOSTROJOM M“06

Skúšobný stroj TRIBOTESTOR M“06 je určený na rýchle zisťovanie vlastností a parametrov klzných ložísk všeobecne, hlavne pórovitých materiálov mazaných mazadlami, ktoré sa často používajú pri voľbe materiálov určených pre klzné dvojice. Umožňuje vykonať štyri základné skúšky:

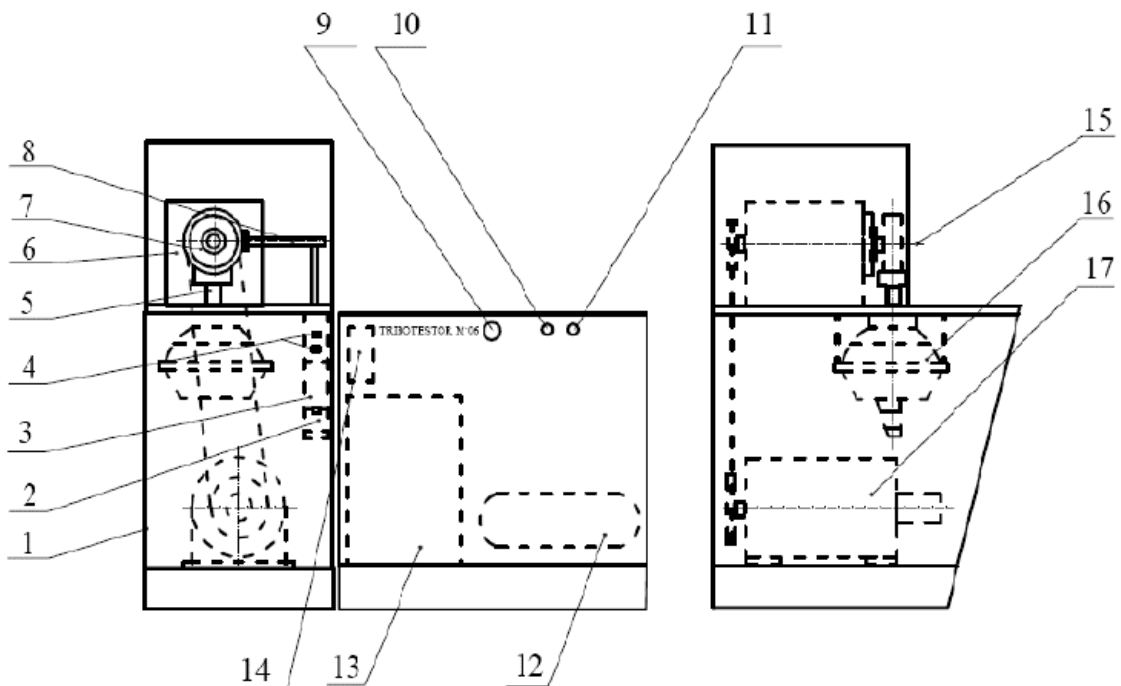
- skúška medzného zaťaženia (tzv. zadieracia skúška)
- skúška medznej rýchlosti (tzv. rýchlostná zadieračka)
- skúška únosnosti pre určenie (p, v) diagramu
- skúška životnosti (trvanlivosť)

Skúšobný stroj umožňuje uskutočniť simuláciu deja práce klzného uzla v prevádzkových podmienkach len pokiaľ sa ten nachádza v oblasti jeho technických parametrov tribotestera. Merací stroj môže pracovať pri konštantnej rýchlosti a premenným parametrom sa stáva merné zaťaženie. Zariadenie môže pracovať i opačne, t.j. pri konštantnom zaťažení sa priebeh klznej rýchlosti môže individuálne voliť podľa potreby alebo programovo riadiť. V prípade potreby je možné priebehy oboch hlavných parametrov, t.j. zaťaženie i klznú rýchlosť nezávisle od seba naprogramovať. Merací systém skúšobného stroja okrem hlavných parametrov (tlak, klzná rýchlosť) umožňuje meranie a zaznamenávanie ďalších parametrov, ako sú teplota v ložisku, priebeh trecieho momentu (z ktorého sa potom vypočítava súčiniteľ trenia " μ ") a teplota

pracovného prostredia. Takto získané údaje o priebehu skúšky sa programovo ukladajú do systému Microsoft EXCEL, kde ich možno štatisticky spracovať a vyhodnotiť. Na základe zistených a spracovaných hodnôt jednotlivých parametrov je možné určiť tieto ich vzájomne súvisiace vzťahy(12):

- súčiniteľ trenia v závislosti od zaťaženia pri konštantnej klznej rýchlosti
 $\mu = f(p)$,
- súčiniteľ trenia v závislosti od klznej rýchlosti pri konštantnom zaťažení
 $\mu = f(v)$,
- závislosť zaťaženia "p" od klznej rýchlosti "v" pri konštantnej teplote
 $p = f(v)$ a opačne $v = f(p)$,
- závislosť opotrebovania od zaťaženia a klznej rýchlosti,
- závislosť teploty v ložisku od zaťaženia alebo klznej rýchlosti,
- tepelne a teplotne závislosti

Tribostroj pozostáva z týchto častí : 1 - rám, 2 - koncový spínač, 3 - indukčný snímač, 4 - pružné elementy, 5 - tiahlo, 6 - vretenník, 7 - skúšané uloženie, 8 - rameno, 9 – indikátor tlaku vzduchu v pneumatickom systéme, 10 - tlačidlo zapnutie tribotestora, 11 - tlačidlo vypnutie tribotestora, 12 - zásobník so stlačeným vzduchom, 13 - tyristorový regulátor otáčok , 14 - elektropneumatický membránový servomotor, 17 - hnací agregát.



Obr. 2 znázornenie jednotlivých častí tribostroja M'06

3.3 Vplyv mazania

Mazivo oddeľuje stykové plochy, odstraňuje miestne špičky napätia v mieste dotyku mikro nerovnosti a pôsobí ako chemická ochrana oboch povrchov. Z hľadiska opotrebenia je optimálne hydrodynamické alebo hydrostatické mazanie, kedy funkčné plochy sú oddelené dostatočnou vrstvou maziva. Hrúbka mazacej vrstvy závisí predovšetkým od viskozity maziva, na klznej rýchlosti a zaťažení. Ak nie je mazanie v dôsledku podmienok prevádzky dostatočné, nastane porušenie mazacej vrstvy a proces opotrebovania má veľmi rýchly priebeh. Rozhodujúci vplyv na mazacie schopnosti daného maziva má tepelný režim v dotykovej oblasti povrchov. S rastom teploty značne klesá viskozita maziva, čo má za následok zmenšenie hrúbky mazacej vrstvy tak, že postupne narastá počet dotykových plôch. Preto bude ďalej rásť trecí odpor a teda aj teplota maziva, až sa poruší súvislosť mazacej vrstvičky a dôjde k prenosu materiálu a tvorbe častíc oteru. (5)

4. Charakteristiky odbúrateľných biomazadiel

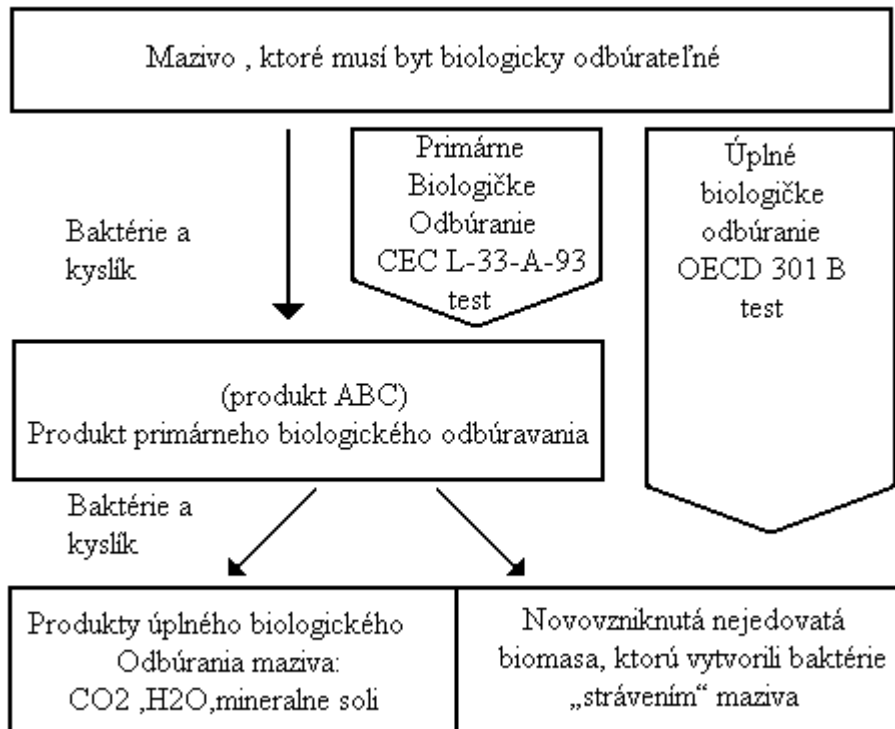
4.1. Biologicky odbúrateľné mazadlá

V poľnohospodárstve a lesníctve sa často vyskytujú úniky olejov z mazacej a hydraulikkej sústavy strojov. Ekologický dopad nekontrolovateľných únikov olejov možno zmierniť používaním biologických kvapalín, ktoré sa po zachytení v horných vrstvách pôdy odbúrajú prirodzenou cestou. Rozložia sa na komponenty, ako sú oxidy uhlíka, voda a minerálne soli, ktoré nie sú škodlivé pre životné prostredie. Tým nedochádza ku kontaminácii spodných vôd a rastlinných produktov. (1)

4.2. Biologická odbúrateľnosť mazív

Definícia pojmu „biologicky odbúrateľný“ nie je dostatočne definovaná a nehovorí jednoznačne o netoxických vlastnostiach mazív. V prírode biologické odbúravanie prebieha postupne. Prvý krok „primárne odbúravanie“. Pri ňom vznikajú

častice látok, ktoré môžu byť pre prostredie ešte stále škodlivé. Druhý krok odbúravanja „úplné odbúravanje“ (ultimate biodegradability) je finálny produkt neškodný a pozostáva hlavne z oxidu uhličitého a vody. Medzi biologicky odbúrateľné mazivá môžu byť zaradené aj primárne aj úplné biologicky odbúrateľné mazadlá, preto ich treba rozlišovať v akom zbere biologického odbúravanja sa ich to týka.



Obr.3. Porovnanie primárneho biologického odbúravanja s úplným biologickým odbúraním maziva.(6)

(6) Začiatkom 80. rokov boli vyvinuté testy k určení primárneho odbúravanja. Ešte aj dnes je známy predovšetkým CEC-L-33-A-93. Podľa medzinárodnej normy CEC-L-33-A-93 sa za ekologicky odbúrateľné oleje považujú tie, ktoré sa v priebehu 21 dní rozložia minimálne z 80%. Medzi tieto oleje zaraďujeme oleje repkové a syntetické – odbúrateľné z viac než 90%. Ich rozklad uskutočňujú enzymatické baktérie, ktoré premenia mazivo na CO₂ a H₂O. Aj napriek tomu tieto oleje sú pre flóru vo väčšej koncentrácii transpiračným jedom. Odbúrateľnosť minerálnych olejov sa uvádza len vo výške 20 až 30% za rovnaký časový interval.

Medzinárodné uznávané špecifikácie pre ekologické mazivá alebo ekologické vinety ako napr. nemecký Blauer Engel (modrý anjel) alebo nový European Eco-label (európska eko-vinea) testy primárneho odbúravania neakceptujú, pretože ich výpovedná hodnota je príliš malá. Tieto testy primárneho odbúravania neberú do úvahy skutočnosť, že v prvých krokoch odbúravania môžu byť dokonca väčšou ekologickou záťažou ako východzie produkty. Moderné špecifikácie pre „ekologické mazivá“ vyžadujú vždy rýchle a úplné biologické odbúravanie, pretože len týmto je možné zaistiť to, aby potenciálne škodlivé komponenty nerozvinuli svoj účinok. Úplné biologické odbúravanie mazív sa dnes zaisťuje štandardizovanými, svetovo uznávanými testami rady OECD, predovšetkým OECD 301 B. K výrobe sa v súčasnosti používajú rôzne druhy základových olejov, ktoré sa vyznačujú rozdielmi vlastnosťami :

- Oleje na rastlinnej báze,
- Syntetické oleje na báze esterov,

Oleje na rastlinnej báze sú najviac používané pre ich dostupnosť, relatívne nízku cenu a univerzálne použitie. Majú vysoký viskozitný index, dobrú odolnosť proti opotrebeniu a vysokým tlakom, vynikajúce mazacie vlastnosti a nízku odpariteľnosť. Rozsah teploty použitia mazív vyrobených na rastlinnej báze je od -25°C do 85°C . Pri nízkych teplotách majú zníženú tekutosť a zníženú životnosť pri vysokých teplotách. Ich viskozita je často limitovaná v závislosti od druhu oleja. Vlastnosti je možné upraviť pridaním vhodných prísad. Syntetické oleje na báze esterov majú nízkoteplotné vlastnosti, vysoký viskozitný index, dobrú odolnosť voči opotrebeniu, priaznivú treciu charakteristiku a nízku odpariteľnosť. Ich nevýhodou je vysoká cena, no uvedené vlastnosti im dávajú možnosť pre ich rozšírenie a uplatnenie ako ekologických olejov v praxi. Polyglykoly sú rozpustné vo vode, čo je v niektorých prípadoch výhoda. Nie sú miešané s ropnými a rastlinnými olejmi. Maximálne množstvo cudzieho oleja v polyglykoloch môže byť do 1%. Polyglykoly sú agresívne voči tesniacim materiálom a ochranným náterom. Estery, minerálne oleje a polyalfaolefíny (PAO) vykazujú rôzne chovanie pri odbúravaní. Mazivá na báze esteru spĺňajú požiadavky na biologickú odbúrateľnosť dôležitej značky Eco-label (viac ako 60% v teste OECD 301B). U PAO je rozpätie odbúravania veľké. PAO s krátkymi reťazcami a nízkou viskozitou vykazujú dobré hodnoty odbúravania, PAO s vyššou viskozitou – aké sa používajú napr. v motorových a tiež v hydraulických olejoch - požiadavky biologickej

odbúrateľnosti „viac ako 60%“ v teste OECD 301B nespĺňajú. Mazivá, ktoré spĺňajú nároky, sú komplexné zmesi z jedného alebo niekoľkých základových olejov a prídavných látok, tzv. aditív.

4.3. Požiadavky na odbúrateľné biomazadlá

Hlavnou požiadavkou biologických mazadiel je, že musia byť dobre biologicky rozložiteľné na látky alebo organizmy, ktoré neškodia toxicky nimi vystavenému prostrediu. Najväčšie riziko znečistenia mazadlami je znečistenie akýchkoľvek zdrojov vody. Preto sa zaviedli klasifikácie zlučiteľnosti mazadiel s životným prostredím (6)

Napr. v Nemecku (Vladislav Gupka 2008) sú triedy ohrozenia vôd WGK-Wassergefährdungsklassen.

Klasifikácia má štyri stupne:

- WGK0 - neohrozuje vodu
- WGK1 - slabé ohrozenie vody
- WGK2 - stredne ohrozenie vody
- WGK3 – silne ohrozenie vody

Klasifikácie sú výsledkom skúšok hodnotenia kvapaliny:

- biologická rozložiteľnosť kvapaliny
- toxický účinok na organizmy
- rozpustnosť vo vode

4.4. Výhody a nevýhody biologicky odbúrateľných mazadiel

Toxické vlastnosti mazadiel sú v podstatnej miere závislé na množstve a druhu použitých aditívach. Preto je potrebné rozlišovať medzi základným olejom v mazadlách a úplnou formuláciou biologická rozložiteľnosť použitého základného oleja v mazadlách. Pre prax je nevyhnutné poznať výhody a nevýhody biologicky odbúrateľných olejov. Preto uvádzame výhody biologicky dobre odbúrateľných olejov proti minerálnym.

- Výborná biologická odbúrateľnosť v rozmedzí 90-97% podľa testu CECL-33 A-93 . odbúrateľnosť minerálnych olejov je v oblasti 20-40%.
- V prípade úniku do pôdy alebo na vodnú plochu dochádza k okamžitému rozkladu na CO_2 a H_2O
- Sú netoxické a v kombinácii s biologickou odbúrateľnosťou neohrozujú tak spodné vody ako aj príslušnú faunu,
- Majú veľmi dobré mazacie schopnosti,
- Pri rozklade uvoľňujú toľko CO_2 , koľko ho spotrebujú pri prechádzajúcej asimilácii a teda nemajú záporný vplyv na tzv. skleníkový efekt,
- Pri pracovnom styku nespôsobujú zdravotné problémy.

Nevýhody biologicky odbúrateľných olejov závisia predovšetkým od základového oleja. Pri rastlinných olejoch je rozsah teploty použitia závislosť tekutosti a životnosti od teploty. Nevýhodou syntetických olejov na báze esterov je hlavne ich cena. Polyglykoly sú agresívne voči niektorým materiálom a majú niektoré špecifické vlastnosti, ako napríklad rozpustnosť vo vode a namiesiteľnosť s ropnými a rastlinnými olejmi . (1) (6)

5. Termofyzikálne vlastnosti mazadiel

5.1. Teplotné kritéria pre použitie mazadiel

Používanie mazadiel pri veľkých teplotách prináša so sebou riziká, pretože existujú teplotné hranice, keď mazadlá strácajú svoje pôvodné funkčné vlastnosti. Do konca do takej miery, že nemôžu plniť svoje úlohy, ale môžu byť aj príčinou rôznych problémov. Tieto teplotné hranice môžeme dať do súvisu s fázovými zmenami mazív. Pri mazacích olejoch stanovujeme bod zákalu, bod tuhnutia, bod vznietenia a bod horenia. Údaje z týchto meraných bodov charakterizujú fázové zmeny v mazivách len približne. (5)

5.2 Bod zákalu a bod tuhnutia

Pri ochladzovaní kvapalného maziva dochádza k zmene z kvapalnej do tuhej fázy postupne v dvoch štádiách. Pri ropných olejoch sa najprv pri teplote bodu zákalu začínajú vylučovať z oleja kryštály uhlíkovodíkov. Pri olejoch syntetických býva bod zákalu indikovaný stuhnutím niektorej zložky zmesi. Pri ďalšom ochladzovaní parafínových olejov sa vytvorená kryštalická mriežka postupne spevni až úplné znemožni pohyb kvapalných zložiek. Tento bod nazývame pravý bod tuhnutia. Pri individuálnych látkach skôr hovoríme o bode kryštalizácie, po prípade pri nekryštalizujúcich látkach o teplote zosklovatenia. Bod tuhnutia, alebo bod kryštalizácie závisí od zloženia konkrétneho oleja.

Princíp stanovenia bodu zákalu, respektíve bodu tuhnutia olejov je prakticky rovnaký. Ohrejeme olej a ten sa ochladzuje predpísaným spôsobom v skúmavke s presne stanovenými rozmermi. Teplota pri ktorej sa nám vylúči prvý kryštál parafínu na skúmavke je bod zákalu. Bod tuhnutia je teplota pri ktorých olej prestane tiecť. Možné je aj značné podchladenie oleja pod skutočný bod tuhnutia alebo kryštalizácie a postupne znižovanie viskozity pri nízkej teplote s časom. Preto sú pre niektoré účely predpísané podmienky, ktorým mazivá musia pri nízkych teplotách vyhovieť. Pri niektorých druhoch olejov, hlavne pri ropných olejoch, s pravým bodom tuhnutia sa tento bod pokladá za jednou z významných kritérií použiteľnosti oleja za nízkej teploty. S postupom času sú funkčné schopnosti olejov aj v tejto oblasti teplôt určované podľa teploty viskozity. Bod tuhnutia je teplotná hranica, do ktorej je ešte kvapalné mazivo použiteľné. A však hranica bodu tuhnutia a hranica čerpatel'nosti oleja nie je rovnaká. Hranicu čerpatel'nosti môžeme stanoviť na základe viskozity oleja. Bod tuhnutia nemusí byť smerodajný pri určovaní manipulovateľnosti oleja. Veľmi záleží na zhode rýchlosti ochladzovania oleja v predpísaných laboratórnych podmienkach a rýchlosti v praxi. Rýchlosť ochladzovania má veľký vplyv na bod tuhnutia oleja a na jeho viskozitu pri danej teplote. Pri rýchlom ochladzovaní má olej väčšiu hodnotu viskozity a vyšší bod tuhnutia, pretože v oleji vzniká veľké množstvo jemných kryštálov. Pri pomalom chladnutí má olej podmienky pre pomalší rast menšieho počtu veľkých kryštálov. (5)

5.3 Hmotnostná tepelná kapacita

Množstvo tepla potrebného na zvýšenie teploty látky závisí od hmotnosti látky, chemického zloženia, vnútornej štruktúry (stavby). To množstvo tepla, ktoré musíme telesu dodať/odobrať, aby sme zvýšili/znížili jeho teplotu o jeden kelvin (1°C), nazývame tepelnou kapacitou telesa c . Definujeme ju vzťahom:

$$c = \frac{dQ}{dT} \quad (\text{J.K}^{-1}) \quad /3/$$

Tepelná kapacita teda vyjadruje podiel elementárneho množstva tepla dQ telesu dodaného a príslušnej zmeny teploty dT súvisiacej s dodaním tepla. Tepelná kapacita látky prepočítaná na jednotkovú hmotnosť (1 kg) je hmotnostná tepelná kapacita látky a je definovaná vzťahom:

$$c = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dT}, \text{ alebo pre konečné zmeny : } c = \frac{1}{m} \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (\text{Jkg}^{-1}.\text{K}^{-1}), \quad /4/$$

kde m - hmotnosť telesa

ΔQ - teplo dodané alebo odobrané

ΔT - zmena teploty

Hmotnostná tepelná kapacita c je teda množstvo tepla, ktoré musíme dodať alebo odobrať 1 kg látky na to, aby sa jeho teplota zmenila o $1\text{K}(1^{\circ}\text{C})$. Poznamenajme, že zmena teploty vyjadrená v kelvinoch sa rovná zmene teploty vyjadrenej v stupňoch celzia, t. j. $\Delta T(\text{K}) = \Delta t(^{\circ}\text{C})$. Je teda jedno, či v druhom vzťahu v (2) použijeme pri výpočtoch tepelných kapacít rozdiel teplôt udaných v kelvinoch ΔT alebo rozdiel teplôt udaných v stupňoch celzia Δt . Hodnota hmotnostnej tepelnej kapacity závisí od podmienok, za ktorých sa teplo látky dodáva. Vo všeobecnom prípade hovoríme o hmotnostnej tepelnej kapacite pri konštantnom objeme c_v a pri konštantnom tlaku c_p . Hmotnostné tepelné kapacity c_v a c_p sa u tuhých látok líšia veľmi málo, takže v bežných prípadoch k ich rozdielu nie je potrebné prihliadať a preto v ďalšom položíme pre tuhé

látky $c_v = c_p = c$. Pri dostatočne vysokých teplotách ako aj pri izbových teplotách je hmotnostná tepelná kapacita tuhých látok veličina konštantná.(10)

5.4. Koeficient tepelnej vodivosti

Koeficient tepelnej vodivosti k charakterizuje proces šírenia tepla v látkach a ich schopnosti viesť teplo, t.j. prenášať kinematickú energiu neusporiadaného pohybu medzi molekulami bez prúdenia látky a je určená podielom tepelného toku a teplotného gradientu v látke ($gradT$). Zo skúsenosti vieme, že ak nejakú látku na jednom mieste zohrievame, tak teplo sa postupne šíri aj na ostatné časti látky. Ak na dvoch stranách steny je rôzna teplota, potom sa teplo šíri z teplejšej strany na chladnejšiu (8). Nech teplota na teplejšej strane steny je T_2 a teplota na chladnejšej T_1 , množstvo tepla, ktoré prejde cez stenu plošného rozmeru S za čas t je dané vzťahom (11):

$$\Delta Q = \frac{T_1 - T_2}{d} k S \Delta t, \quad /5/$$

Kde T_1, T_2 je teplota na oboch stranách steny (K)

d - hrúbka steny (m)

S - plošný obsah steny (m^2)

t - čas, za ktorý teplo prechádza (s)

k - koeficient tepelnej vodivosti ($W.m^{-1}.K^{-1}$)

Q - množstvo tepla (J)

Prepočítaním preneseného tepla Q na jednotku plochy a jednotku času, dostaneme hustotu tepelného toku:

$$q = \frac{\Delta Q}{S \Delta t} \quad /6/$$

Resp. pre vektor hustoty tepelného toku dostaneme:

$$q = \frac{dQ}{Sdt} \quad /7/$$

Nahradením výrazu $(T_2-T_1)/d$ v rovnici /5/ teplotným gradientom $gradT$ dostaneme nasledujúcou rovnicou(11) :

$$q = -gradT \quad /8/$$

| | | | |
|-----|---------|----------------------------------|---------------------|
| kde | q | je vektor hustoty tepelného toku | $(W.m^{-2})$ |
| | k | koeficient tepelnej vodivosti | $(W.m^{-1}.K^{-1})$ |
| | $gradT$ | teplotný gradient | $(K.m^{-1})$ |

5.5. Koeficient tepelnej vodivosti

Je definovaný pomocou koeficientu tepelnej vodivosti, hmotnostnej tepelnej kapacity a hustoty ρ vzťahom :

$$a = \frac{k}{c\rho} \quad (1m^2.s^{-1}) \quad /8/$$

Charakterizuje rýchlosť vyrovnávania teplotných rozdielov v látke pri nestacionárnych procesoch. Číselne sa rovná zmene teploty jednotkového objemu látky vyvolanej množstvom tepla, ktoré prejde za jednotkový čas jednotkovou plochou vrstvy jednotkovej hrúbky s jednotkovým rozdielom teplôt na jej čelných stranách. Jednotkou koeficientu tepelnej vodivosti je $1 m^2. s^{-1}$ (16)

5.6. Meranie termo fyzikálnych vlastností ISOMETOM 2104

Termo fyzikálne vlastnosti meriame prístrojmi, ktoré reagujú na tepelné podnety. Ich časti (meracie sondy) zachytávajú tepelné vlastnosti, ktoré prístroj zaznamená a vyhodnotí. Jeden z týchto prístrojov je napr. ISOMET 2104(obr). Je to kompaktný prenosný merací prístroj na priame meranie mernej objemovej kapacity, tepelnej vodivosti a teploty. Na meranie používa merací prístroj, výmenné ihlicové a plošné sondy. Isomet má štvorriadkový displej, ktorý umožňuje jednoduché čítanie nameraných údajov a prácu s meraním, kalibrovaním meracích sond. Využíva dynamickú metódu merania, ktorá umožňuje skrátiť dobu merania na 10-16 minút. Procesor s ktorým je merací prístroj ovládaný ukladá namerané hodnoty, ktoré následne vie preniesť do počítača pre lepšie spracovanie meraní. Jeho vnútorná nabíjateľná batéria umožňuje použitie prístroja v podmienkach bez elektriny. Prístroj nájde využitie v oblasti merania termofyzikálnych vlastností materiálov v oblasti stavebníctva, chemického, gumárskeho, strojárkeho, drevárskeho priemyslu a v ďalších iných oblastiach. Merane veličiny, ktoré prístroj dokáže merať a zaznamenávať :

- Koeficient tepelnej vodivosti $(W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})$
- Merná objemová tepelná kapacita $(J \cdot m^2 \cdot K^{-1})$
- Koeficient teplotnej vodivosti $(m^2 \cdot s^{-1})$
- Teplota $(^{\circ}C)$



Obr.4. ISOMET 2104(<http://www.appliedp.com/en/isomet.htm>)



Obr.5. ISOMET 2104(<http://www.appliedp.com/en/isomet.htm>)



Obr.6. ISOMET 2104(<http://www.appliedp.com/en/isomet.htm>)

Záver

Bakalárska práca sa zaoberá vlastnosťami mazadiel z technologického a termofyzikálneho hľadiska. Mazadlá sú dôležitou súčasťou všetkých strojov preto sa kladie požiadavka na výrobu šetrnejších produktov ohľaduplných k životnému prostrediu, v našom prípade to boli biomazadlá. Biomazadlá, ktoré sa používajú v poľnohospodárstve a potravinárstve, sú vyrobené z biologických materiálov a ich rozpad nezaťažuje životné prostredie. Preto sa neustále vyvíjajú a vylepšujú biomazadlá za účelom nepoškodzovať životné prostredie.

Práca poskytuje základné informácie o mazadlách, ich charakteristiku, rozdelenie a významné technologické vlastnosti. Samostatná kapitola je venovaná tribologickým vlastnostiam mazadiel a zariadeniu TRIBOTESTOR, ktorý umožňuje uskutočniť simuláciu deja práce klzného uzla v prevádzkových podmienkach.

V ďalšej časti sa práca venuje biologickým charakteristikám mazadiel, najmä biologickej odbúrateľnosti, výhodám a nevýhodám biomazadiel.

Vzhľadom k téme bakalárskej práce sú v práci uvedené definície najdôležitejších termofyzikálnych veličín a opis zariadenia na ich meranie – ISOMET 2104.

Dôvodom pre skúmanie závislostí termofyzikálnych a technologických vlastností biomazadiel je fakt, že mazadlá okrem funkcie mazania plnia aj úlohu odvodu tepla a to v závislosti od tepelnej vodivosti, resp. ďalších termofyzikálnych vlastností. Experimentálne skúmanie závislostí termofyzikálnych a technologických vlastností biomazadiel bude predmetom riešenia diplomovej práce.

Použitá literatúra

(1) RUSNAK , J., KADMAR, M., KUČERA, M. biologicky odbúrateľné oleje z pohľadu ich tribologických vlastností. Nitra : slovenská poľnohospodárska univerzita 2009.-85. s.

(2) Analyticko - experimentálne charakteristiky biotribologických systémov [online] [2010-01-10]Dostupné na internete: <<http://diplomovka.sme.sk/keyword/tribologia.php>>

(3) Tribodiagnostika pri určovaní technického stavu pomalo bežných motorov [online] [2010-01-10] Dostupné na internete: <http://www.slpk.sk/eldo/2009/zborniky/009_09/71.pdf>

(4) Rozbor vybraných tribologických vlastností materiálov získaných z medzných stavov a ich štatistických spôsobov vyhodnotenia [online] [2010-01-10] Dostupné na internete: <http://www.slpk.sk/eldo/autoreferaty/2007/imrich_benda.pdf>

(5) MASARIK,M., 2009 tribodiagnostika mazacích olejov

(6) GUPKA , V., – využitie biologicky odbúrateľných olejov v poľnohospodárskej technike 2008

(7) VANYA, A. , 2009 Výskum biologicky odbúrateľného oleja PLANTO HYTRAC ,plus pre možnosti jeho použitia v oblasti klzných uložení.

(8) KREMPASKÝ,J. Meranie termofyzikálnych veličín, Bratislava : Veda , 1969,335. s.

(9) Merací prístroj Isomet 2104 [online] [2010-02-10] Dostupné na internete: <<http://www.appliedp.com/en/isomet.htm>>

(10) HMOTNOSTNÁ TEPELNÁ KAPACITA TUHÝCH LÁTOK

Doc. RNDr. D. Vajda, CSc., RNDr. B. Trpišová, Ph.D. [online] [2010-02-10] Dostupné na internete: <<http://tarjanyiova.fyzika.uniza.sk/tepkap.pdf>>

(11)Kováčik , I., fyzikálne vlastnosti biomasy z hľadiska jej energetického využitia ,bakalárska práca, Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita , 2009 ,52s.

(12) RUSNAK , J., Alternatívy tesnenia klznej dvojice skúšobného stroja tribotestor M⁰⁶ pre podmienky hydrodynamického mazania , Nitra, Slovenská poľnohospodárska univerzita , Technická fakulta
[online] [2010-02-11] Dostupné na internete:
<<http://web.tuke.sk/fvtpo/casopis/pdf08/2-str-64-66.pdf>>

(13) BENDA , I., Rozbor vybraných tribologických vlastností materiálov získaných z medzných stavov a ich štatistický spôsob vyhodnotenia , Nitra ,Slovenská poľnohospodárska univerzita , technická fakulta [online] 2007 [2010-02-11] Dostupné na internete: <http://www.uniag.sk/SKOLA/rvv/doc/ddiz/2007/imrich_benda.pdf>

(14)RIGO , T., diplomová práca , Meranie termo fyzikálnych parametrov biologických materiálov , Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita , Technická fakulta, 2006 , 67s.

(15)VARGA , A. , Fyzikálne vlastnosti olejov z hľadiska tribologického využitia , Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita , Technická fakulta, 2009 , 36.s.

(16)BARUSZ , E., Bakalárska práca , Posúdenie termo fyzikálnych vlastností obilnín na efektívnosť technologických procesov pozberového spracovania, Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita , Technická fakulta, 2009, 32.s.

(17) Detergenty a disperzanty [online] 2005 [2010-02-10] Dostupné na internete:
< www.oleje.cz>