

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE

TECHNICKÁ FAKULTA

Diplomová práca

Nitra, 2010

Radoslav Hríň, Bc.

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE

TECHNICKÁ FAKULTA

**Hodnotenie tribologických vlastností vybraných biologicky
odbúratel'ných olejov**

(Diplomová práca)

Študijný program: Poľnohospodárska technika
Študijný odbor: 5. 2. 46 Poľnohospodárska a lesnícka technika
Školiace pracovisko: Katedra mechaniky a strojnictva
Školiteľ: Ing. Milan Kadnár, PhD.
Konzultant: Ing. Marián Kučera, PhD.

Nitra, 2010

Radoslav Hríň, Bc.

Abstrakt

V predloženej diplomovej práci sa zaoberáme hodnotením tribologických vlastností biologicky odbúrateľných olejov.

V prvej kapitole charakterizujeme pojem tribológia a mazanie. Ďalej sa zaoberáme klasifikáciou jednotlivých druhov mazív, ich rozdelením a popisáním ich vlastností. Čitateľa tiež oboznamujeme s biologicky odbúrateľnými olejmi, základovými olejmi pre tieto oleje a ich bioodbúrateľnosťou. Popisujeme testy, podľa ktorých sa stanovuje biologická odbúrateľnosť. Tiež sa zaoberáme problematikou klzných ložísk a materiálmi, z ktorých sú vyrábané.

V ďalšej časti popisujeme zariadenie, na ktorom sme vykonávali tribologické skúšky, materiály klzného uzla a použité biologicky odbúrateľné oleje.

Vo vlastnej práci sú spracované výsledky z jednotlivých meraní a porovnanie vhodnosti použitia jednotlivých olejov.

Kľúčové slová: trenie, mazanie, biologická odbúrateľnosť

Abstract

In the present thesis deals with the evaluation of tribological properties of biodegradable oils.

In the first chapter we characterize the concept of tribology and lubrication. Next we describe the classification of different types of lubricants, their distribution and described their properties. The reader also discusses the biologically degraded oils, base oils for the oil and biodegradability. Description of the test by which provides biodegradability. It also deals with the issue of plain bearings and materials from which they are produced.

In the next section we describe the facility where we perform tribological tests, materials sliding knots and biodegradable oils.

In his own work are the precessed results of individual measurements and compare the appropriateness of the use of different oils.

Key words: friction, lubrication, biodegradability

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že diplomovú prácu na tému “Hodnotenie tribologických vlastností vybraných biologicky odbúrateľných olojov“ som vypracoval samostatne pod odborným dozorom vedúceho diplomovej práce. Použil som literatúru uvedenú v zozname.

V Nitre, apríl 2010

.....

POĎAKOVANIE

Touto cestou si dovoľujem poďakovať vedúcemu diplomovej práce pánovi Ing. Milanovi Kadnárovi, PhD. za cenné rady a pripomienky, ktoré významne prispeli k vypracovaniu mojej diplomovej práce.

V Nitre, apríl 2010

.....

Použité označenia

μ	súčiniteľ trenia
v	rýchlosť, m.s^{-1}
ρ	hustota, kg.m^{-3}
λ	tepelná vodivosť, $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
IHC	Impurity Holding Capacity
m	hmotnosť, kg
V	objem, m^3
STN	slovenská technická norma
PAO	polyalfaolefín
CEC	The Co-ordinating European Council
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ISO	International Organization for Standardization
ASTM	American Testing and Materials
t_o	teplota oleja, $^{\circ}\text{C}$
t	čas, s
F	сила, N
R_a	drsnosť, μm
\check{c}_m	číslo merania
m_u	úbytok hmotnosti, g

Obsah

Úvod	11
1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky	12
1.1 História pojmu tribológia	12
1.2 Mazanie	12
1.2.1 Kvapalinové trenie	13
1.3 Klasifikácia mazív	15
1.3.1 Plynné mazivá	16
1.3.2 Plastické mazivá	17
1.3.3 Tuhé mazivá	18
1.3.4 Kvapalné mazivá	19
1.4 Biologicky odbúrateľné mazivá	22
1.4.1 Základové oleje pre biologicky odbúrateľné mazivá	22
1.4.2 Charakteristika biologicky odbúrateľných olejov	23
1.5 Klzné ložiská	26
1.5.1 Materiály pre klzné ložiská	29
2 Cieľ práce	31
3 Metodika práce	32
3.1 Charakteristika skúšobného zariadenia tribotestor M'06	32
3.2 Výber materiálov klzného uzla a medzilátky	34
3.2.1 Klzná dvojica	34
3.2.2 Medzilátka	36
3.3 Váženie a meranie drnosti a ovality základných trecích telies	37
3.4 Priebeh skúšky	38
3.5 Zber a vyhodnocovanie údajov zo skúšok	39

4	Výsledky práce	41
4.1	Váženie a meranie drnosti základných trecích telies	41
4.2	Zber a vyhodnocovanie výsledkov.....	42
5	Výsledky a diskusia.....	47
5.1	Zhrnutie výsledkov.....	49
6	Záver	52
7	Použitá literatúra	53

Úvod

Vysoká spoľahlivosť strojov má v dnešnej dobe veľký význam nie len v oblasti poľnohospodárstva. Jej zvyšovaním šetríme prostriedky inak vynakladané na časté údržby, opravy a prestoje nimi spôsobené.

Spoľahlivosť strojov závisí od dobrej funkcií tribologických uzlov, nakoľko sú to časti strojov, ktoré najviac podliehajú opotrebeniu.

Trenie a opotrebenie sú sprievodnými javmi pri pohybe dotýkajúcich sa činných plôch súčiastok a média. To často spôsobuje poruchu funkčných povrchov, a tým aj stratu požadovaných vlastností strojov.

Dobrú funkciu tribologických uzlov zabezpečíme vhodným výberom materiálu a maziva. Mazivo je dôležitým konštrukčným prvkom každého stroja a strojného zariadenia. S vývojom nových výkonnejších strojov, ktoré pracujú za extrémnych tlakových, teplotných a klimatických podmienok, na ktorých výrobu sa využívajú nové konštrukčné materiály sa musia vyvíjať aj nové mazivá, ktoré zabezpečia správnu a spoľahlivú funkciu klzných uložení.

Poľnohospodárske a lesnícke stroje často pracujú v náročných terénoch v dôsledku čoho dochádza k častým haváriám. Keďže tieto stroje sú vybavené zložitými mechanickými a hydraulickými sústavami následkom havárií býva únik mazacích olejov a následná kontaminácia životného prostredia.

Snahou preto je namiesto minerálnych olejov využívať ako náplň biologicky odbúrateľné alebo životnému prostrediu málo škodlivé oleje. Tieto musia popri prísnych ekologických a enviromentálnych požiadavkách spĺňať aj technické vlastnosti, ktoré si musia zachovať aj pri vysokých otáčkach prevodov, vysokých tlakoch hydraulických sústav a vysokých teplotách. Čo sa stáva často krát ťažko dosiahnuteľným cieľom.

Výrobcovia olejov majú snahu vyrábať také oleje, ktoré okrem ekologických spĺňajú aj požadované technické vlastnosti.

Štúdium tribologických vlastností týchto olejov počas prevádzky nám pomôže zistiť do akej miery sú schopné spĺňať požadované technické vlastnosti.

1 PREHĽAD O SÚČASTNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

1.1 HISTÓRIA POJMU TRIBOLÓGIA

Termín tribológia pochádza z gréckeho slova tribos – trenie a logos – slovo, veda. Tento pojem sa rozšíril od roku 1966, kedy londýnsky komitét pripravil pre britskú vládu správu známu pod názvom Jostova správa.

Tribológia sa zaoberá trením, opotrebením a mazaním. Mazivá sa začali používať už v minulosti, ale prvú prácu vypracoval Petrov odvodením vzťahu medzi trecou silou, viskozitou, rýchlosťou hriadeľa a hrúbkou olejového filmu v klznom ložisku. Reynolds dal dodnes platný základ hydrodynamickej teórií mazania. Obecné chovanie mazaných plôch v závislosti na viskozite, rýchlosti a zaťaženia v ložisku vystihol Stribeck. Medzné mazanie začal rozpracovávať Hardy. Rozvoj teórie elastohydrodynamickeho mazania je spojený s menami Grubina a Dowsona. (Štepina, Veselý, 1985)

1.2 MAZANIE

Mazanie je samostatný proces, ktorý neoddeliteľne patrí medzi tribologické procesy. (Blaškovič, 1990)

Je najúčinnším prostriedkom na zníženie trenia a opotrebenia. Treba pri tom dosiahnuť stav, pri ktorom sa v trecom uzle oddelia pohybujúce sa povrchy trecích telies od seba vrstvou maziva. V tejto vrstve potom prebieha vlastný proces trenia. (Kadnár, 2008)

Vývoj mazania možno charakterizovať:

- Zdokonaľovaním a vznikom nových teórií vysvetľujúcich pôsobenie mazania z hľadiska chemicko-fyzikálnych a mechanických pohybových účinkov,
- Výskumom a vývojom nových mazív s požadovanými vlastnosťami na univerzálne aj vysokošpecifické použitie,

- Vývojom nových účinnejších technických prostriedkov umožňujúcich aplikáciu mazív.(Blaškovič, 1990)

Rozlišujeme tri základné režimy mazania:

- Suché
- Zmiešané
- Kvapalinové - hydrodynamické, elasto hydrodynamické, hydrostatické

1.2.1 Kvapalinové trenie

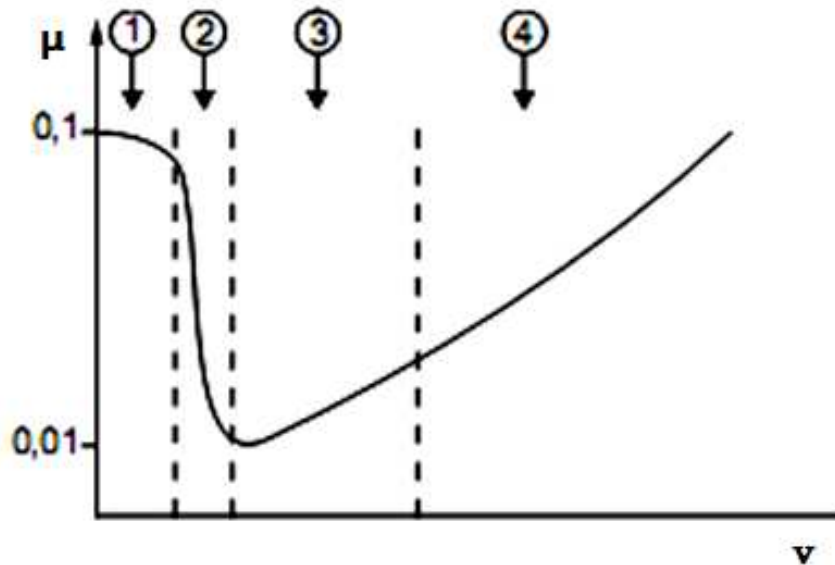
Šmykové napätie medzi dotykovými plochami pri suchom trení možno znížiť oddelením funkčných stykových plôch vrstvou média s menším šmykovým napätím, t.j. vrstvou kvapaliny, plynu a pod.. Tým sa dosiahne zníženie súčiniteľa trenia.

Najrozšírenejším spôsobom ako znížiť hodnoty súčiniteľa trenia je použitie kvapalného média. Jeho účinok spočíva v tom, že molekuly maziva prilnú na povrch plôch a zabránia tak ich bezprostrednému dotyku. V stĺpci kvapaliny medzi dvomi vzájomne sa pohybujúcimi vrstvami dochádza k šmykovým napätiam, ktoré sú charakterizované vnútorným trením kvapaliny. To sa navonok prejavuje viskozitou.

Okrem vlastností privádzaného maziva ovplyvňuje mazacie účinky aj vzájomné pôsobenie medzi mazivom a povrchom tuhého telesa.

Hydrodynamické mazanie

Tribologický systém, ktorý pracuje v režime hydrodynamického mazania, nevykazuje za predpokladu vytvorenia dostatočne hrubej mazacej vrstvy prakticky žiadne opotrebovanie tuhých telies.(Kadnár, Rusnák, 2008) Vytvorenie nosnej olejovej vrstvy je podmienené vhodným geometrickým tvarom klzných plôch, dostatkom maziva vhodnej viskozity a vhodnou relatívnou rýchlosťou.



Obrázok 1 - Zmena veľkosti koeficientu trenia v závislosti na rýchlosti
(Mang, Dresel, 2007)

Popis: Pri veľmi nízkych rýchlostiach – oblasť bodu 1– prevažuje medzné mazanie. Celé zaťaženie sa prenáša cez špičky nerovností stykových povrchov. Pri vysokých rýchlostiach – oblasť bodu 2, 3 - elastohydrodynamické trenie, 4 – hydrodynamické trenie.

Elastohydrodynamické mazanie

Elastohydrodynamické mazanie existuje tak pri čiastočnom hydrodynamickom ako aj pri hydrodynamickom mazaní. Dochádza k nemu, keď sa valivé teleso odvaluje pod vysokým zaťažením po obežnej dráhe a tlak, ktorý vzniká v stykovom bode spôsobuje mikrodeformácie. Deformované povrchy sú krátkodobo pružne deformované. Neprihádza však k vytlačeniu maziva a k styku kov na kov, ale prudko vzrastá viskozita. Po prevalení valivého telesa sa viskozita a tvar stykových plôch vracia do pôvodného stavu.

Hydrostatické mazanie

Pri hydrostatickom mazaní sa nosná vrstva maziva vytvára za pomoci olejového čerpadla, ktoré vtlačá olej medzi klzné plochy.

1.3 KLASIFIKÁCIA MAZÍV

Mazivá ako medzilátky úmyselne používané v tribologických systémoch sú pre chod strojov a zariadení nevyhnutné a zaručujú pri správnom použití bezpečnosť, ekonomickosť, spoľahlivosť a projektovú životnosť trecích uzlov, a tým aj celého zariadenia počas jeho prevádzky.

Základnou vlastnosťou maziva je jeho mazacia schopnosť. Táto vlastnosť umožňuje prenášať sily v trecom uzle vnútorným trením pri súčasnom vytvorení súvislých vrstiev na povrchoch trecích telies.

Ďalšie požiadavky, ktoré mazivá majú spĺňať:

- Zníženie strát mechanickej energie a zlepšenie mechanickej účinnosti systému
- Potlačenie opotrebenia a jeho škodlivých účinkov na tribologický systém
- Zlepšenie odvodu tepla a dostatočné chladenie
- Dostatočná ochrana proti korózii a chemická neutralita
- Ochrana proti nečistotám, ktoré sa môžu vnášať do systému zvonku
- Schopnosť maziva zbavovať trecie plochy od vytvorených nečistôt
- Schopnosť maziva pôsobiť ako tesniaci prvok

Podľa skupenstva možno mazivá deliť na :

- Plynné
- Kvapalné
- Plastické
- Tuhé

Podľa chemického zloženia ich môžeme rozdeliť na :

- Organické
- Anorganické

Podľa pôvodu:

- Prírodné
- Syntetické

(Blaškovič a kol., 1990)

1.3.1 Plynné mazivá

Plynné mazivá sa využívajú v tzv. plynových ložiskách v aerodynamickom alebo aerostatickom režime pri vysokých obvodových rýchlostiach (10 000 až 600 000 ot. min⁻¹) a pri teplotách 300 °C a viac. (Štepina, 1985)

V uvedených uloženiach sa využívajú vlastnosti niektorých plynov a ich zmesí, ako sú:

- Chemická stálosť pri vysokých teplotách,
- Nízka dynamická viskozita stúpajúca s narastaním teploty,
- Malé tlakové straty v uložení,
- Schopnosť pracovať v rádioaktívnom prostredí,
- Vylúčenie kavitácie (Blaškovič, 1990)

Ďalšou prednosťou plynov je ich všade prítomnosť ako maziva, vylúčenie znečistenia olejom, čo je dôležité predovšetkým v potravinárstve. (Štepina, 1980)

Nedostatkami plyných mazív sú predovšetkým:

- Vznik turbulentného prúdenia
- Vysoké nároky na presnosť výroby a montáže klznej dvojice
- Možnosť výskytu trenia tuhých telies pri porušení existencie podmienok aerostatického alebo aerodynamického mazania

Oblasti použitia plyných mazív:

- Oblasť s vysokými obvodovými rýchlosťami pri zaťažení do 0,07 MPa pri aerodynamickom mazaní a do 0,1 MPa pri aerostatickom mazaní v rozsahu otáčok 10 000 až 600 000 za minútu.

- Oblasť s vysokými pracovnými teplotami, ktoré vylučujú použitie iných druhov mazív, pretože vzniká chemicko-fyzikálny rozklad maziva, odparenie a zmena jeho vlastností.

Výhodné je pri mazaní plynom využívať materiály s dobrými vlastnosťami v núdzovom chode. Najčastejšie sa využívajú dvojice oceľ/ocel' a oceľ/bronz.

Prehľad najčastejšie využívaných plynov a ich niektorých fyzikálnych vlastností.

Vlastnosti	Plynné mazivá					
	kyslíkové			bez kyslíkové		
	vzduch	O ₂	CO ₂	N ₂	H ₂	He
Hustota ρ (kg.m ⁻³) pri 0°C a 1,013.10 ⁵ Pa	1,29	1,43	1,98	1,25	0,09	0,18
Tepelná vodivosť λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) pri:						
0°C	0,024	0,024	0,015	0,024	0,174	0,151
100 °C	0,033	0,033	0,023	0,031	0,216	0,171
600 °C	0,063	0,067	0,062	0,057	0,426	
1000 °C	0,078	0,086	0,086	0,086	0,593	
Kinematická viskozita ν (m ² .s ⁻¹)	13,2.10 ⁻⁶	13,4.10 ⁻⁶	6,92.10 ⁻⁶	13,2.10 ⁻⁶	93,4.10 ⁻⁶	104,2.10 ⁻⁶
Prevádzková teplota do (°C)	650	600	650	1000 a viac	1000	1000 a viac

Obrázok 2 - Charakteristické vlastnosti niektorých plyných mazív
(Blaškovič, 1990)

1.3.2 Plastické mazivá

Plastické mazivá alebo mazacie tuky sú koloidné sústavy, spravidla gély, vzácnejšie sóly alebo rôsoly. Najčastejšie sú zložené z dvoch fáz, a to mazací olej, ktorý tvorí disperznú fázu a spevňovadlo, ktoré tvorí dispergovanú fázu.

Olejovou zložkou môžu byť ropné oleje alebo syntetické oleje. Syntetické oleje udeľujú plastickým mazivám svoje vlastnosti, ako napríklad odolnosť proti vysokým teplotám, tekutosť pri nízkych teplotách, mazacie vlastnosti, odolnosť proti žiareniu.

Vplyv spevňovadla na vlastnosti plastických mazív je väčší ako vplyv oleja. Spevňovadlá možno rozdeliť do skupín:

Mydlové spevňovadlá:

- Jednoduché
- Kombinované
- Komplexné

Nemydlové spevňovadlá:

- Anorganické
- Organické polyméry
- Pigmenty
- Uhl'ovodíky
- Kombinované (Štepina, Veselý, 1985)

Plastické mazivá sa vyznačujú svojou schopnosťou zachovať tvar pri bežnej teplote, sú schopné utesniť uloženie proti vonkajším vplyvom. Nevýhodou je ľahké znečistenie mechanickými nečistotami a zlý odvod tepla.

1.3.3 Tuhé mazivá

Za extrémnych tlakov, teplôt a žiarenia, keď žiadne kvapalinové mazivo nemá dostatočnú stálosť, sa používajú tuhé mazivá. Tieto musia byť schopné vytvoriť film medzi trecími plochami a znižovať tak trenie a opotrebenie. Film musí mať malú pevnosť v šmyku, byť mäkký, mať veľkú priľnavosť k povrchu, veľkú odolnosť voči tlaku. Musí byť schopný obnovovať celistvosť svojho povrchu ak je narušený. Tuhé mazivá možno rozdeliť na organické a anorganické.

Pri anorganických sú hlavnými predstaviteľmi grafit a molybdéndisulfid s chemickou čistotou 99% a viac. Medzi organické tuhé mazivá patria napr. polyméry, chlórplasty a fluoroplasty.

1.3.4 Kvapalné mazivá

Prevažnú časť všetkých používaných mazív tvoria práve kvapalné mazivá. Uplatňujú sa najmä v hydrostatickom, elasto-hydrodynamickom, hraničnom a zmiešanom režime. (Štepina, Veselý, 1985)

Skladajú sa zo zmesi základových olejov a prísad. Základové oleje určujú charakteristické vlastnosti a účinné prísady ovplyvňujú skutočnú výkonnosť oleja. (Štepina, 1985) Vzhľadom na to, že kladené požiadavky na minerálne oleje sú vysoko nad ich možnosti pridávajú sa do nich prísady, ktoré zabezpečujú požadované vlastnosti. (Neale, 2005)

Sú to napríklad:

- Antioxidanty
- Detergenty a disperzanty
- Antikorózne prísady
- Modifikátory viskozity a viskozitno-tepelnej krivky
- Vysokotlaké a protizadieracie prísady
- Protipenivostné prísady
- Mazivostné a protioderové prísady
- Upravovače viskozity (Kadnár, Rusnák, 2008)

Nečistoty v oleji

Mazacie oleje majú určitú schopnosť na zadržiavanie nečistôt (jemných častíc) v samotnom roztoku. V technickej literatúre sa tento stav označuje ako IHC – Impurity Holding Capacity (kapacita zadržiavaných nečistôt).

Nečistoty v oleji môžeme rozdeliť:

- Plynné (vzduch, amoniak)
- Kvapalné (voda viazaná alebo voľná, olej iného typu)
- Tuhé (sadze, prach, popol, produkty opotrebenia)

Výskyt nečistôt v oleji vedie k zvýšeniu trenia, teploty a v neposlednom rade aj k zvýšeniu drsností povrchu. Dôsledkom toho je nutná výmena oleja.

Mazacie oleje môžeme podľa ich pôvodu a spracovania deliť nasledovne:

- Rastlinné a živočíšne
- Ropné oleje
- Syntetické oleje (Kadnár, Rusnák, 2008)

Vlastnosti hydraulických kvapalín

Na to, aby hydraulické kvapaliny dostatočne spĺňali požadované funkcie, musia spĺňať vlastnosti fyzikálneho, chemického a prevádzkového charakteru. Avšak tie by samy nestačili pokiaľ by si mazivo neudržalo tieto vlastnosti čo možno najdlhšiu dobu. (Štepina, Veselý, 1985). Tieto vlastnosti sú rôzne v závislosti na druhu kvapaliny a len ich zladenie zaručí bezporuchovú funkciu zariadení.

- Viskozita – viskozita je jednou z najdôležitejších vlastností tekutých mazív. Určuje tvorbu tekutinového trenia, únosnosť mazacieho filmu, veľkosť odporu pri rozbehu pohyblivých častí strojov, tesniacu schopnosť maziva, čerpatelnosť, tepelnú vodivosť, a i. Viskozita je mierou vnútorného trenia v tekutine, čiže odpor proti vzájomnému posunu molekúl tekutiny.

Viskozitná trieda (DIN 51 519)	Kinematická viskozita pri 40 °C		Príklad
	Nom. hodnota	Tolerancia	
ISO VG 10	10	9,0 ... 11,0	HLP 10
ISO VG 22	22	19,8 ... 24,2	HLP 22
ISO VG 32	32	28,8 ... 35,2	HLP 32
ISO VG 46	46	41,4 ... 50,6	HLP 46
ISO VG 68	68	61,2 ... 74,8	HLP 68
ISO VG 100	100	90,0 ... 110,0	HLP 100

Obrázok 3 - ISO viskózne triedy pre hydraulické oleje z DIN 51 524

(Matthies, 2006)

- Hustota – je pomer hmotnosti m k objemu V

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Ide o podstatný parameter, ktorý slúži na výpočet prietokového odporu a dynamických prietokových síl. Na zmenu hustoty čiastočne vplývajú tlak a teplota. Pri konštantnej teplote a zvýšenom tlaku sa hustota zvyšuje dôsledkom stláčania. Pri konštantnom tlaku a zvyšujúcej sa teplote sa hustota znižuje dôsledkom rozpínavosti. (Matthies, 2006)

- Bod vzplanutia – vyjadruje najnižšiu teplotu, pri ktorej sa nad hladinou vzorky za podmienok, ktoré určuje príslušná norma, vytvorí zmes pár a vzduchu, ktorá po vzplanie a zhasne po priložení skúšobného plameňa. (STN 65 6212)
- Bod tuhnutia – je teplota najvyššia teplota, pri ktorej olej prestáva tiecť. Olej sa musí ochladzovať za podmienok vyplývajúcich z normy. (STN 65 6072).
- Penenie olejov – je veľmi nežiadúci jav, ktorý sa prejavuje zmenšením pevnosti mazacej vrstvy, zvýšením náchylnosti oleja ku starnutiu, poklesom viskozity, hustoty tepelnej vodivosti a i. (Štepina, Veselý, 1985)

Niektoré vlastnosti jednotlivých druhov základových olejov uvádzame v nasledujúcej tabuľke.

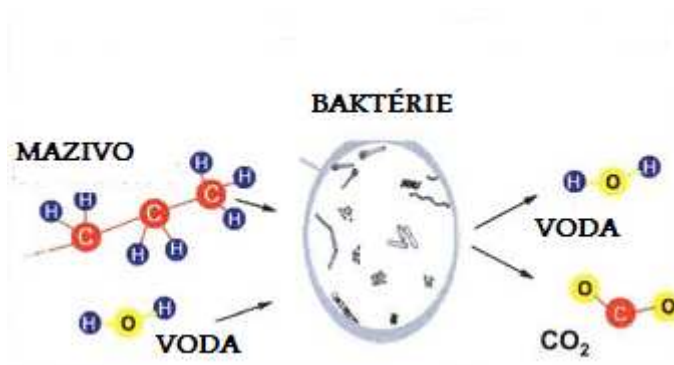
Vlastnosti	Ropné oleje	Repkové oleje	Syntetické oleje
Vysoko teplotné vlastnosti	3	1	1
Nízko teplotné vlastnosti	2	3	2
Odolnosť voči opotrebeniu	3	1	1
Deemulgačná schopnosť	2	2	3
Oxidačná stabilita	1	4	3
Teplotná stabilita	1	3	2
Hydrolytická stabilita	1	4	2
Proti korozívna ochrana	3	2	2

Obrázok 4 - Vlastnosti základových olejov

Popis: 1 - veľmi dobré vlastnosti, 2 – dobré vlastnosti, 3 - dostatočné vlastnosti, 4 - nedostatočné vlastnosti

1.4 BIOLOGICKY ODBÚRATEĽNÉ MAZIVÁ

Možnosti zlepšenia podmienok životného prostredia a zamedzenie jeho znečisťovaniu únikom náplní z prevodoviek a hydraulických obvodov lesných strojov, vedú k nahrádzaniu minerálnych olejov biologicky rozložiteľnými olejmi. (Roušek, 2004)



Obrázok 5 - Rozklad biologicky odbúrateľného maziva (Lämmle, Rohrbach, 2005)

Ďalšie argumenty prečo nahradiť minerálne oleje biologicky odbúrateľnými:

- Súčasný trend vývoja cien minerálnych olejov
- Minerálne oleje sú získavané z prírodných zdrojov ako ropa, ktoré sú neobnoviteľnými zdrojmi
- Dlhoročné skúsenosti a geografická poloha poskytujú priaznivé podmienky pre pestovanie plodín, ktoré slúžia ako zdroj pre bioodbúrateľné oleje (Roušek, 2004)

Biologicky odbúrateľné oleje 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 toxické pre životné prostredie. Tým nedochádza ku kontaminácii pôdy, spodných vôd ani rastlinných produktov. (Kadnár, Rusnák, 2008)

1.4.1 Základové oleje pre biologicky odbúrateľné mazivá

- Oleje na rastlinnej báze
- Syntetické oleje na báze esterov
- Syntetické oleje na báze polyglykolov (Kadnár, Rusnák, 2008)

Rastlinné oleje sú vhodné pre mazanie reťazí motorových píl, kde je nutné používať mazivá s nízkou toxicitou. Tiež sú vhodné na mazanie ozubených prevodov, kde teplota nepresahuje 60 °C. Nevýhodou je ich výkon pri nízkych teplotách, hydrolytická stálosť a oxidačná stálosť pri vysokých teplotách.

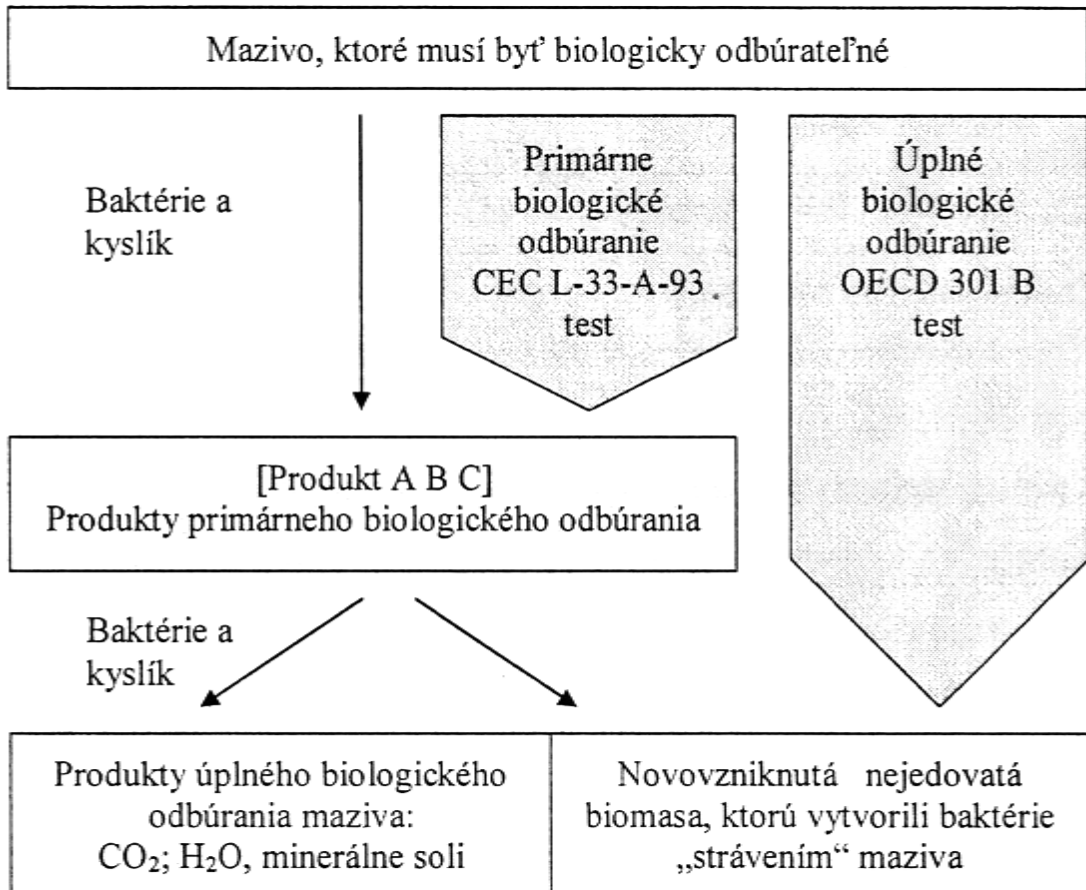
Polyalfaolefíny je vhodné použiť ako hydraulické a motorové oleje. Dosahuje dobré výkonnosti pri nízkych aj vysokých teplotách. PAO môže mať negatívny vplyv na niektoré tesniace hmoty, čo môže neskôr spôsobovať úniky. Pre dosiahnutie dobrých vlastností PAO vo finálnom produkte, sa miešajú s biologicky odbúrateľnými esterami pre dosiahnutie technických a ekologických vlastností.

Syntetické estery dokazujú dobrú odbúrateľnosť, výkonnosť pri vysokých aj nízkych teplotách, dobrú hydrolytickú stálosť a tesniacu schopnosť. Použitie syntetických esterov umožňuje formuláciu mazív s vyššou viskozitou, ktoré sú používané v obehových systémoch a prevodoch.

1.4.2 Charakteristika biologicky odbúrateľných olejov

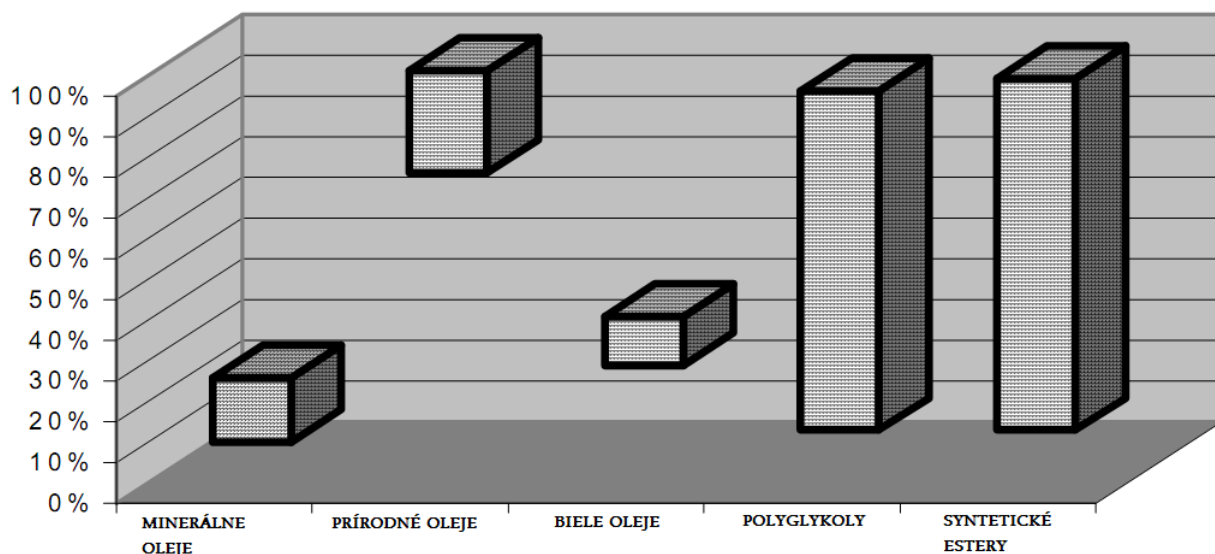
Pojem „biologicky odbúrateľný“ nie je jasne definovaný. Biologické odbúravanie sa v prírode deje postupne. V prvej fáze tzv. primárnej degradácii vzniknuté prvky môžu byť pre prostredie ešte škodlivé. Pri úplnom odbúraní vznikajú produkty, ktoré nie sú jedovaté a skladajú sa prevažne z oxidu uhličitého a vody. (Lämmle, Rohrbach, 2005)

Výraz biologicky odbúrateľný sa môže týkať tak primárnej odbúrateľnosti ako aj úplnej odbúrateľnosti. Preto je dôležité si uvedomiť o aký druh odbúranie ide. (Lämmle, Rohrbach, 2005)



Obrázok 6 - Porovnanie primárneho a úplného biologického odbúrania
(Kadnár, Rusnák, 2008)

Za biologicky odbúrateľné oleje môžeme považovať, tie ktoré sa v priebehu 21 dní rozložia minimálne z 80%. V nasledujúcom grafe môžeme vidieť percentuálnu schopnosť biologickej odbúrateľnosti jednotlivých druhov olejov.



Obrázok 7 - Biologická odbúrateľnosť podľa CEC-L-33-T 82 (Roušek, 2004)

Na začiatku roka 1980 boli vyvinuté testy na určenie primárneho odbúravania. Jedným z nich je ešte aj dnes známy test CEC-L-33-A-93, predtým označovaný ako T82. Medzi oleje spĺňajúce túto normu patria repkové a syntetické oleje, ktoré sú odbúrateľné z viac než 90%.

Rozklad zabezpečujú enzymatické baktérie, ktoré mazivo rozložia na CO₂ a H₂O. Avšak aj väčší únik ekologických olejov na malej ploche je možné považovať za ekologickú katastrofu, pretože aj tieto oleje vo väčšej miere pôsobia ako respiračný jed.

Ekologické vinety ako Blauer Engel a European Eco – Label neuznávajú testy primárneho odbúravania, pretože majú malú výpovednú hodnotu. A to z toho dôvodu, že pri primárnom odbúraní v prvých krokoch odbúravania vznikajú látky, ktoré môžu byť pre životné prostredie škodlivejšie ako olej samotný.

Moderné testy vyžadujú rýchle a úplné biologické odbúranie maziva, pretože len tak sa zamedzí rozvinúť účinky potencionálne škodlivých komponentov.

Úplné biologické odbúranie mazív sa dnes zaisťuje uznávanými testami rady OECD, predovšetkým OECD 301 B.

Testy biologickej odbúrateľnosti	Minerálny olej	Polyalfaolefíny	Syntetické estery	Prirodzené estery (nenas. estery)	Požiadavky ekovinity
Primárna biologická odbúrateľnosť CEC L-33-A-93	20-30%	25-30%	85-95%	>95%	Test nie je akceptovaný
Úplná biologická odbúrateľnosť OECD 301 B	20-35%	30-70%	85-95%	>95%	>60%

Obrázok 8 - Biologická odbúrateľnosť v závislosti na základovom oleji a testovacej metóde. (Kadnár, Rusnák, 2008)

Ďalšie metódy hodnotenia biologickej odbúrateľnosti

- OECD 301B odbúrateľnosť $\geq 60\%$ v priebehu 28 dní
- OECD 301C odbúrateľnosť $\geq 60\%$ v priebehu 28 dní
- OECD 301D odbúrateľnosť $\geq 60\%$ v priebehu 28 dní
- OECD 301F odbúrateľnosť $\geq 60\%$ v priebehu 28 dní
- CEC-L-33-A-93 odbúrateľnosť $\geq 80\%$ v priebehu 21 dní
- BODIS test - test podobný ako OECD 301 D (Mang, Dresel, 2007)

1.5 KLZNÉ LOŽISKÁ

Klzné ložisko je definované ako strojová súčiastka, ktorá obopína čap hriadeľa priamo alebo prostredníctvom púzdra či panvy a udržuje hriadeľ v určitej polohe. Nebráni mu však v pohybe. Sú to časti strojov, ktoré udržiavajú hriadele a osi v konštrukčne požadovanej polohe, umožňujú im rotačný pohyb okolo vlastnej osi a prenášajú z nich zaťaženie na iné časti stroja.

V závislosti od smeru pôsobiaceho zaťaženia vzhľadom na os rotácie čapu alebo ložiska rozlišujeme ložiská:

- axiálne,
- radiálne.

Pri axiálnych pôsobí sila v smere osi rotácie a pri radiálnych pôsobí sila kolmo na os rotácie.

Podľa charakteru zaťaženia môžeme silu deliť na silu:

- konštantnú veľkosťou, smerom aj zmyslom pôsobenia,
- konštantnú veľkosťou, ale zároveň rotujúcu,
- premenlivú veľkosťou, ale bez zmeny smeru a zmyslu pôsobenia,
- premenlivú veľkosťou, bez zmeny smeru ale so zmenou zmyslu pôsobenia
- premenlivá veľkosťou, smerom a zmyslom pôsobenia, hriadeľ sa pritom otáča v jednom alebo striedavo v oboch zmysloch. (Kadnár, Rusnák, 2008)

V prvom prípade ide o statické zaťaženie ložiska a v ostatných prípadoch sa jedná o dynamické zaťaženie.

Z funkčného hľadiska môžeme rozdeliť klzné ložiská do nasledujúcich skupín:

- samomazané ložiská s tuhými mazivami,
- samomazané pórovité ložiská,
- ložiská s obmedzeným mazaním,
- ložiská s hydrostatickým mazaním,
- ložiská s hydrodynamickým mazaním,
- hybridné ložiská, ktoré sú kombináciou hydrodynamického a hydrostatického mazania,
- magnetické, elektrostatické ložiská a ďalšie špeciálne druhy ložísk. (Kadnár, Rusnák, 2008)

Podľa spôsobu výroby možno rozdeliť klzné ložiská na:

- spekané ložiská vyrábané práškovou metalurgiou z kovových aj nekovových práškov v tvare hladkých puzdier, ale aj iných tvarov,
- odlievané ložiská ako monometalické puzdrá, rúrky, tyče, puzdrá s oceľovým podkladom a nanosenou klznou vrstvou, alebo viacvrstvové krúžky a puzdrá,
- ložiská vyrábané tvárnením z polovýrobov vhodných vlastností, napr. bimetalových pásov

Radiálne klzné ložiská

Najviac používaným typom ložísk v strojoch s piestovým resp. kľukovým mechanizmom sú radiálne klzné ložiská. Ide najmä o spaľovacie motory, čerpadlá a piestové kompresory. Ich výhodou sú malé trecie straty pri kvapalinovom trení a takmer nulové opotrebenie. (Bečka, 1997)

Prívod oleja do ložiska možno riešiť viacerými spôsobmi:

- ručne olejničkou ($v < 1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$),
- knôtom ($v < 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$),
- kvapalinovou maznicou ($v < 5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a stredné zaťaženie),
- mazacím tlakovým prístrojom,
- mazacím krúžkom – voľný alebo pevný,
- tlakovým čerpadlom v obehovom tlakovom mazaní.

Radiálne klzné ložiská s hydrostatickým mazaním

Princíp týchto ložísk spočíva vo vytvorení dostatočného tlaku v mazacej vrstve, ktorá zaručuje oddelenie trecích povrchov od seba. Tlak v mazive vytvára tlakové čerpadlo a mazací olej sa privádza jedným alebo viacerými mazacími otvormi priamo na miesta, kde pôsobí zaťaženie. (Kadnár, Rusnák, 2008)

Radiálne ložiská s hydrodynamickým mazaním

Ak je ložisko správne navrhnuté, počas prevádzky sa od seba trecie povrchy oddeľujú vrstvou maziva. Hriadeľ pri otáčaní so sebou unáša viskózne mazivo, ktoré tlačí pred sebou a tým sa zvyšuje tlak v mazacej vrstve a hriadeľ je v ložisku nesený.

Axiálne klzné ložiská

V axiálnych klzných ložiskách sa väčšinou olej privádza samostatným tlakovým prívodom. Alebo sa olej privádza cez excentrický žliabok v dosadacej ploche alebo cez radiálne žliabky.

Čoraz viac sa však uplatňujú ložiská so samomazaných pórovitých materiálov. Ich mazanie zvyčajne podmieňuje systém, v ktorom sú zabudované a výrobná technológia. (Kadnár, Rusnák, 2008)

1.5.1 Materiály pre klzné ložiská

Klzné ložiská sú bežne navrhované pre trvalú prevádzku v podmienkach kvapalinového trenia, alebo pre prevádzku s čo možno najmenšími nárokmi na obsluhu a bez možnosti dodávky maziva. (Kadnár, Rusnák, 2008)

Čisté kovy sa už prakticky nepoužívajú, pretože nespĺňajú potrebné mechanické a fyzikálne vlastnosti, ktoré sa vyžadujú pre klzné uzly. (Rusnák, 2005)

Základné druhy materiálov pre klzné ložiská:

- zliatiny medi a cínu, olova, hliníka, antimónu,
- hliníkové zliatiny,
- zinkové zliatiny,
- kovové prášky,
- plasty,
- metaloplasty,
- materiály zo sivej liatiny,
- kovokeramické materiály.

Najviac využívanými materiálmi sú cínové a olovené bronzy. Majú dobré klzné vlastnosti vďaka medi, ktorá tvorí nosnú časť ložiska.

Klzné materiály, ktoré obsahujú aj cínové bronzy:

- polytetrafluóretylénové klzné materiály
 - KU (CuSn10 + PTFE + Pb)
 - KP1 (PTTE + CuSn10 + grafit)
 - KG (CuSn10 + Pb, Cu, Ni, MoS₂, grafit)
- polyvinylacetátové klzné materiály
 - KX (CuSn10 + polyacetál)
- polyaprolaktámové klzné materiály
 - KY (CuSn10 + PA6)

Základné parametre pre voľbu jednotlivých materiálov.

Materiál		Dovolený tlak, Mpa (bežný, krátkodobý)		Súčín p.v, MPa.ms ⁻¹ (bežný, krátkodobý)		Teplota °C
Zliatina				7	10	250
Kompozícia	olovená	12	25	40	105	100
	cínová	15	30	20	75	110
Bronz	cínový	25	52	20	90	250
	cínovo-olovený	18	36	40	90	220
	olovený	18	36	25	90	16
	hliníkový					120
Zliatiny Al		30	50	40	105	120
Teflon		10	100			150
Vrstvený textil			12	3	30	90
Polyamid		0,5	5	5	18	110
Pryž			1,4			

Obrázok 9 - Materiály pre klzné ložiská (Kadnár, Rusnák, 2008)

2 CIEĽ PRÁCE

Snaha zaviesť biologicky odbúrateľné oleje do praxe, a tým nahradiť používanie minerálnych a ťažko resp. vôbec odbúrateľných olejov, je z pohľadu ochrany životného prostredia veľmi dôležitá.

Cieľom diplomovej práce „Hodnotenie tribologických vlastností biologicky odbúrateľných olejov“ je :

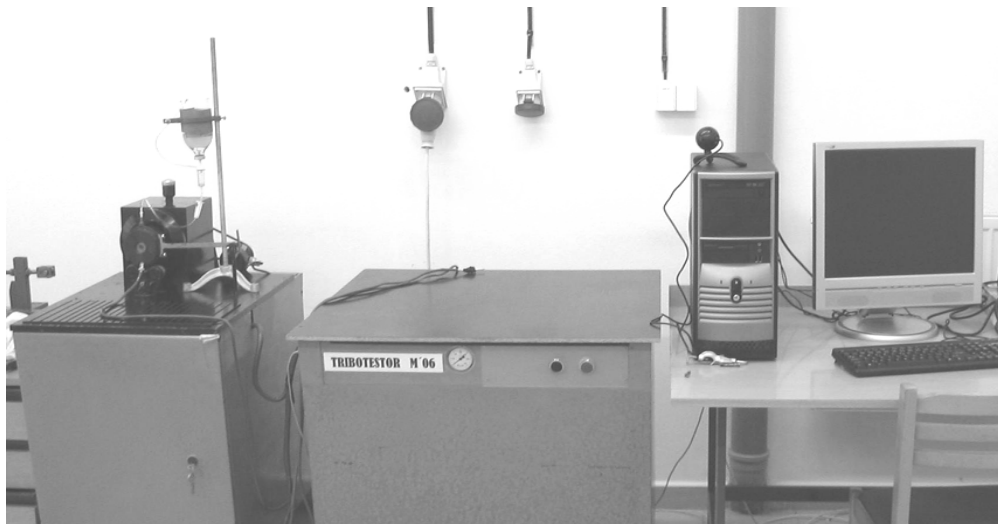
- literárne spracovať prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky,
- získať a analyzovať informácie o hodnotení tribologických vlastností biologicky odbúrateľných olejov,
- vykonať tribologické skúšky pre vybraný klzný uzol a dvojicu biologicky odbúrateľných olejov (TANTALUS SE 220, RABILUB 220),
- z vykonaných analýz a experimentov zhodnotiť tribologické vlastnosti vybraných olejov,
- vypracovať odporúčania pre prax.

3 METODIKA PRÁCE

3.1 CHARTERISTIKA SKÚŠOBNÉHO ZARIADENIA TRIBOTESTOR M'06

Tribologické skúšky budeme vykonávať na skúšobnom zariadení Tribotestor M'06. Toto zariadenie sa skladá z troch základných častí:

- mechanická časť,
- skriňa elektroniky,
- počítač.



Obrázok 10 - základné časti stroja tribotestor M'06

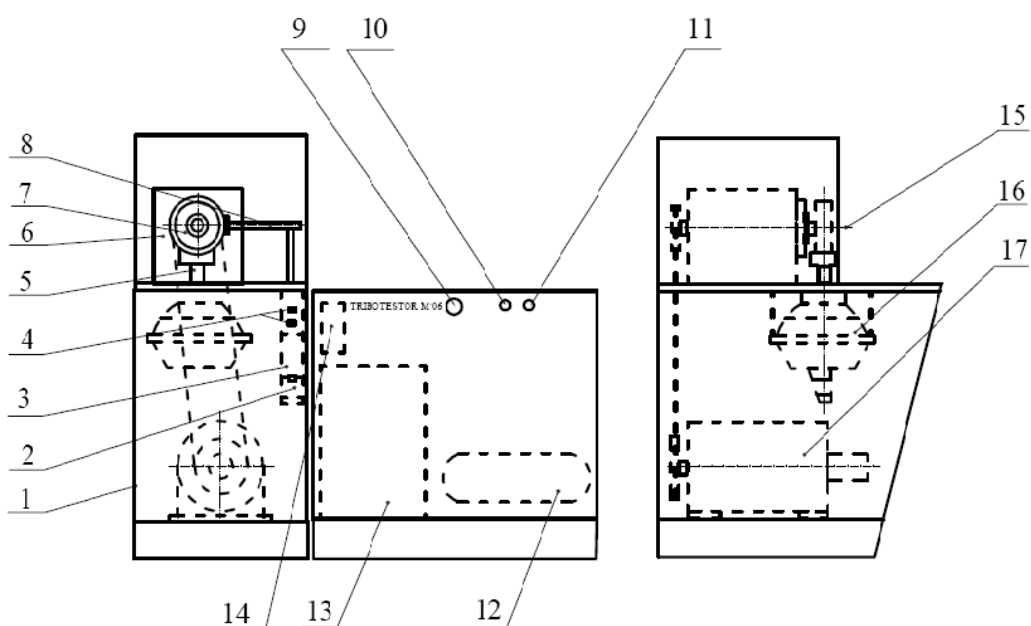
Toto zariadenie umožňuje vykonať štyri základné skúšky:

- skúška medznej rýchlosti,
- skúška medzného zaťaženia,
- skúška životnosti,
- skúška únosnosti pre určenie p,v diagramu,
- a iné podľa potreby.

Parametre skúšobného zariadenia:

Priemer klznej plochy ložiskového púzdra	10 - 30 mm
Dĺžka plochy ložiskového púzdra	10 - 30 mm
Klzná rýchlosť skúšobného hriadeľa	0,05 - 5 m.s ⁻¹
Zaťažovacia sila	0 - 10 kN
Teplota skúšaného ložiska	20 - 300 °C
Trečí moment	0 - 10 Nm
Teplota pracovného prostredia	5 - 40 °C
Príkion skúšobného stroja	3,6 kW
Tlakový vzduch	200 kPa

Schéma skúšobného zariadenia



Obrázok 11 - Schematické znázornenie Tribotestora M'06

Popis: 1 – rám, 2 – koncový spínač, 3 – indukčný snímač, 4 – pružné elementy, 5 – tiahlo, 6 – vretenník, 7 – skúšané uloženie, 8 – rameno, 9 – tlačidlo zapnutie tribotestora, 10 – tlačidlo vypnutie tribotestora, 11 – tlačidlo vypnutie tribotestora, 12 – zásobník so stlačením vzduchom, 13 – tyristorový regulátor otáčok, 14 – elektropneumatický prevodník, 15 – skúšobný hriadeľ, 16 – pneumatický membránový servomotor, 17 – hnací agregát

3.2 VÝBER MATERIÁLOV KLZNÉHO UZLA A MEDZILÁTKY

3.2.1 Klzná dvojica

Pri experimente použijeme ako základné trecie teleso platničku o rozmeroch 20x20x5 mm. Je zhotovená zo základového materiálu, ktorý tvorí konštrukčná nelegovaná oceľ 11 373.0. a plameňopráškového žiarového nástreku cínového bronzu CuSn10.

Parametre CuSn10:

Chemické zloženie v %	
Cu	87,951
Sn	10,450
Pb	0,360
Ni	0,673
Fe	0,025
Zn	0,450
Si	0,053
P	0,012
Mn	0,026

Obrázok 12 - Chemické zloženie CuSn10

Mechanické vlastnosti CuSn10	
Medza pevnosti Rm, Mpa	220
Medza sklzu Rp0,2, Mpa	140
Tvrdosť podľa brinela	60
Minimálna rozťažnosť A5, %	15

Obrázok 13 - Mechanické vlastnosti CuSn10

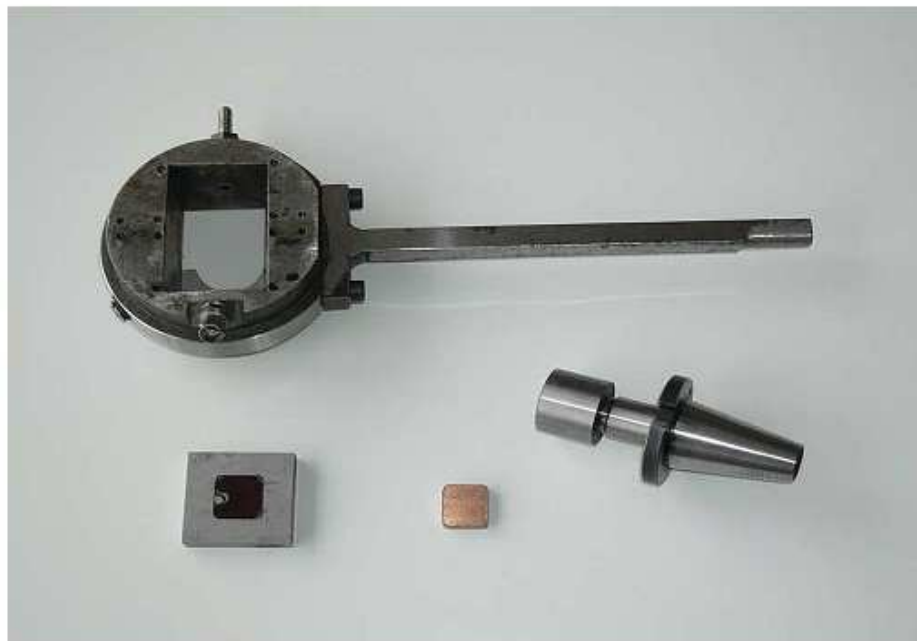
Ako trecie teleso použijeme hriadeľ zhotovený z uhlíkovej oceli k zušľachtovaniu a povrchovému kaleniu 12050. Tento materiál je bežne používaným materiálom v poľnohospodárskej technike.

Parametre 12050:

Oceľ 12050 STN 41 2050		C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
Chemické zloženie %		0,42- 0,50	0,50- 0,80	0,17- 0,37	max. 0,25	max. 0,30	max. 0,30	max. 0,04	max. 0,04

Obrázok 14 - Chemické zloženie oceli 12050

Prvky klzného uzla sú zobrazené na obrázku



Obrázok 15 - Prvky klzného uzla (Kadnár, 2006)

3.2.2 Medzilátka

Ako medzilátku sme vybrali biologicky odbúrateľné oleje značky MOLYDUVAL, a to TANTALUS SE 220 a RABILUB 220.

Rabilub 220 je univerzálny biologicky odbúrateľný prevodový olej na báze aditívovaných rastlinných olejov.

Používa sa :

- na všeobecné mazanie napr. reťazí, ložísk,
- ako prevodový olej pre stavebné stroje a zariadenia v lesníctve,
- ako antikoročná ochrana pre oceľové diely.

Parametre:

Techn. Údaje	Jednotka	Hodnota
Viskózna trieda	ISO-VG	220
Hustota pri 15 °C	kg/m ³	920
Viskozita pri 40 °C	mm ² /s	220
Bod vzplanutia	°C	250

Obrázok 16 - parametre oleja Rabilub 220

Tantalus SE 220 je biologicky odbúrateľný olej na syntetickej báze.

Použitie:

- mazanie reťazí,
- ako antikoročný ochranný olej,
- v lesníctve,
- v čistiarňach odpadových vôd.

Parametre:

Techn. Údaje	Jednotka	Hodnota
Viskozitná trieda	ISO-VG	220
Hustota 15 °C	kg/m ³	910
Viskozita 40 °C	mm ² /s	220
Bod vzplanutia	°C	290

Obrázok 17 - parametre oleja Tantalus SE 220

3.3 VÁŽENIE A MERANIE DRNOSTI A OVALITY ZÁKLADNÝCH TRECÍCH TELIES

Pri experimente použijeme 6 platničiek a 6 hriadelov. Pre každý druh oleja 3.

Váženie platničiek budeme prevádzať na zariadení KERN 440 od Hahn & Kolb.



Obrázok 18 - Váha KERN 440 (Gáspár, 2009)

Meranie drsností budeme vykonávať pomocou drsnomera Mutitoyo SJ-201



Obrázok 19 - Drsnomer Mutitoyo SJ-201 (Gáspár, 2009)

Ovalitu budeme merať po naskrutkovaní hriadeľa pomocou odchylkomera.

Merania budeme vykonávať pred a po skúške po dokonalom očistení vzoriek.

3.4 PRIEBEH SKÚŠKY

Základné trecie teleso (platnička) je pritáčaná normálovou silou na trecí člen v tvare valca (hriadeľ). Miesto dotyku sa zhoduje s miestom dotyku, ktoré stanovuje norma ASTM G77-05el. Norma nestanovuje parametre skúšky, uvádza len odporúčané hodnoty ako :

- rozmery klznej dvojice,
- normálové zaťaženie,
- trvanie skúšky.

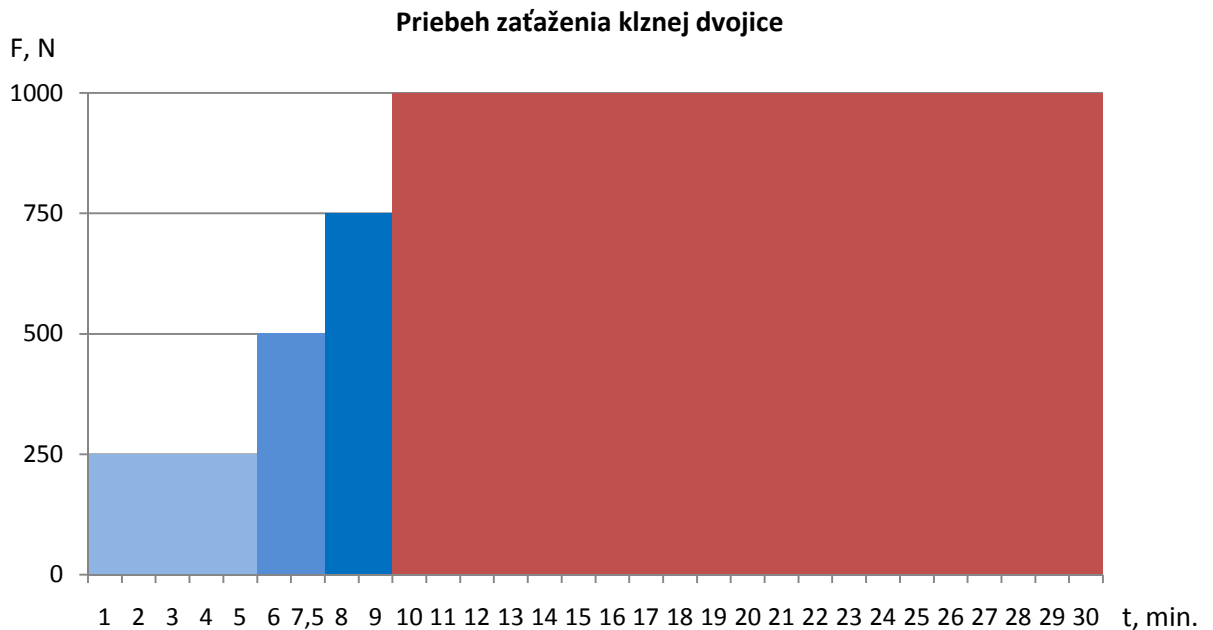
Norma stanovuje normálové zaťaženie 134 N konštantné počas celej skúšky. Ak sa pri tomto zaťažení nevytvorí merateľná stopa, norma povoľuje upraviť parameter tak, aby sa stopa vytvorila.

Parametre vykonávanej skúšky budú nasledovné:

- 180 otáčok za minútu konštantné počas celej doby trvania skúšky, smer otáčania v smere hodinových ručičiek,
- doba trvania skúšky 30 minút,

- zaťaženie v rozsahu od 250 N po 1000 N.

Priebeh zaťažovania klznej dvojice normálovou silou:



Obrázok 20 - Priebeh zaťažovania klznej dvojice

- prvých 5 minút zaťažujeme konštantnou silou 250 N,
- následné zvýšenie zaťaženia na 500 N po dobu 2,5 minúty,
- ďalšie zvýšenie na hodnotu 750 N po dobu 2,5 minúty,
- posledné zvýšenie zaťaženia na hodnotu 1000 N, konštantné až po koniec trvania skúšky.

Pre každý olej vykonáme 3 merania, z ktorých sa vypočíta priemerná hodnota.

3.5 ZBER A VYHODNOCOVANIE ÚDAJOV ZO SKÚŠOK

Na vyhodnotenie skúšok nám budú slúžiť namerané parametre pomocou prístroja Tribotestor M'06. A to :

- normálová sila,
- otáčky,
- súčiniteľ trenia,

- teplota oleja,
- teplota okolia.

Pozornosť sme venovali hlavne hodnotám súčiniteľa trenia a teploty oleja v závislosti na čase.

Vyhodnocovali sme aj hmotnostný úbytok základného trecieho telesa (platničky) a drsnosti namerané pred a po skúške.

Hmotnostný úbytok sme vyhodnotili vážením po dôkladnom očistení na váhe KERN 440.

4 VÝSLEDKY PRÁCE

4.1 VÁŽENIE A MERANIE DRNOSTI ZÁKLADNÝCH TREČÍCH TELIES

Na použitých šiestich platničkách sme vykonali merania hmotnosti a drsnosti a namerané hodnoty uvádzame v tabuľkách (obr. 21,22) . Merania sme vykonávali pred aj po skúške po dôkladnom očistení platničiek. Drsnosť sme merali na dĺžke $L=10$ mm.

Namerané hodnoty:

Hodnoty namerané pred vykonaním skúšky				
Platničky	Hmotnosť m, g	Ra, μm	Rz, μm	Rq, μm
1	17,316	0,64	4,01	0,83
2	17,639	1,07	7,44	1,53
3	17,561	0,92	8,12	1,18
4	17,762	0,67	7,75	0,89
5	17,231	0,88	8,28	1,11
6	17,239	0,88	7,95	1,20

Obrázok 21 - Hodnoty namerané pred skúškou

Hodnoty namerané po vykonaní skúšky				
Platničky	Hmotnosť m, g	Ra, μm	Rz, μm	Rq, μm
1	17,288	2,94	37,09	4,50
2	17,575	2,62	40,85	3,81
3	17,461	1,44	23,33	2,12
4	17,708	1,20	21,66	2,04
5	17,156	1,37	26,84	2,05
6	17,048	1,18	22,54	2,12

Obrázok 22 - Hodnoty namerané po skúške

Pri prvých troch platničkách bol ako medzilátka použitý olej Tantalus SE 220. Pri platničkách 4 až 6 bol ako medzilátka použitý olej Rabilub 220.

Ovalitu trecích telies (hriadeľov) zobrazuje nasledovná tabuľka (obr.23). Uloženie hriadeľa do prístroja je riešené excentricky, čo zamedzuje hádzaniu.

číslo merania	číslo hriadeľa	Øhriadeľa, mm
1	3	0,02
2	25	0,3
3	4	0,6
4	8	0,32
5	9	0,03
6	10	1,27

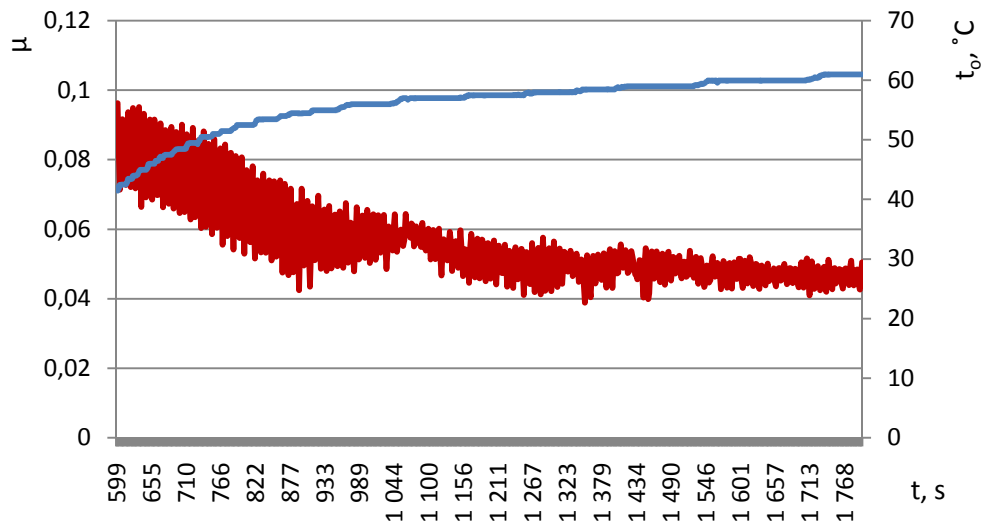
Obrázok 23 - Ovalita hriadeľov

4.2 ZBER A VYHODNOCOVANIE VÝSLEDKOV

Výsledky skúšok pre Tantalus SE 220

Pre experimentálne skúšky s daným olejom sme použili platničky 1 až 3 a hriadele číslo 3, 25, 4. Výsledný graf je priemernou hodnotou troch meraní, pri ktorých sme vyhodnocovali teplotu oleja a súčiniteľ trenia v závislosti na čase. Na grafe (obr.24) sú zobrazené krivky pre zaťaženie 1000 N po dobu 20 min., nakoľko prvých 10 minút, počas ktorých sa zaťaženie zvyšovalo považujeme za oblasť zábehu a hodnoty v tomto čase namerané nie sú vhodné pre porovnanie.

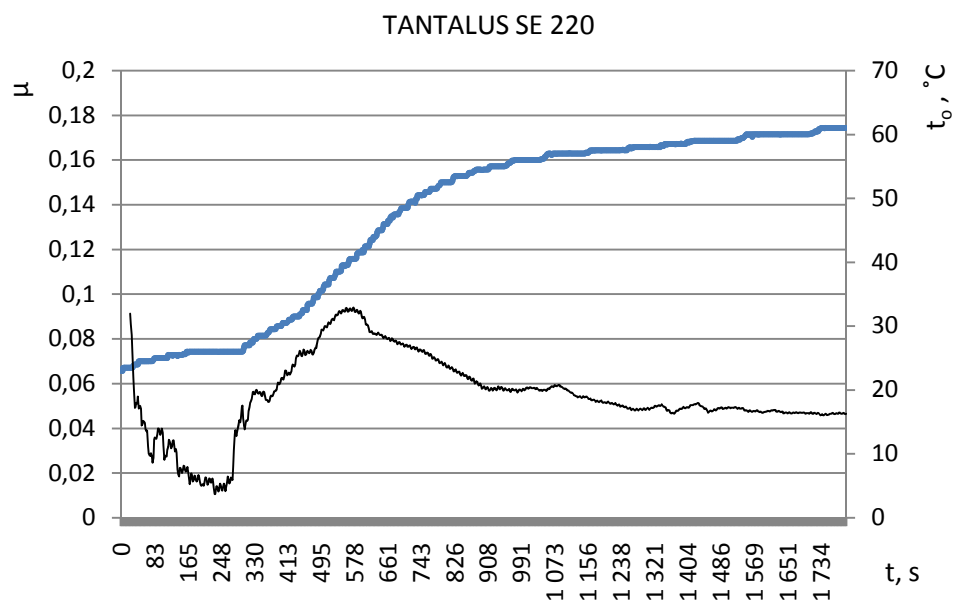
TANTALUS SE 220



Obrázok 24 - Časová závislosť priebehu hodnôt teploty oleja a súčiniteľa trenia pre Tantalus SE 220

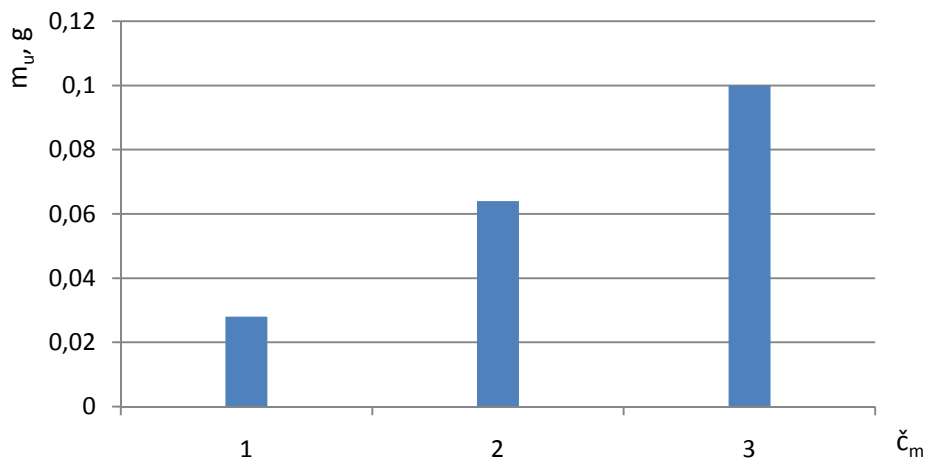
Priebeh súčiniteľa trenia a teploty počas celej doby trvania skúšky

Pri zaťažení klznej dvojice silou 250N súčiniteľ trenia prudko klesal z hodnoty 0,182 až na hodnoty 0,02 pričom teplota sa mierne zvýšila z hodnoty 23 °C na 26°C. Pri zvýšení zaťaženia na 500N súčiniteľ trenia počas 2,5 minúty stúpol na hodnotu tesne pod 0,06 a teplota sa zvýšila z 26°C na hodnotu 32°C. Ďalším zvyšovaním zaťaženia na 750N po dobu 2,5 minúty sa súčiniteľ trenia zvýšil na hodnotu 0,096 a teplota sa zvýšila na 41°C. Zvýšením zaťaženia na hodnotu 1000N súčiniteľ trenia začal plynule klesať z hodnoty 0,096 až na hodnotu 0,045 a teplota počas trvania 20 minút mierne stúpala na hodnotu 61 °C.



Obrázok 25 - Priebek teploty a súčiniteľa trenia počas celej skúšky

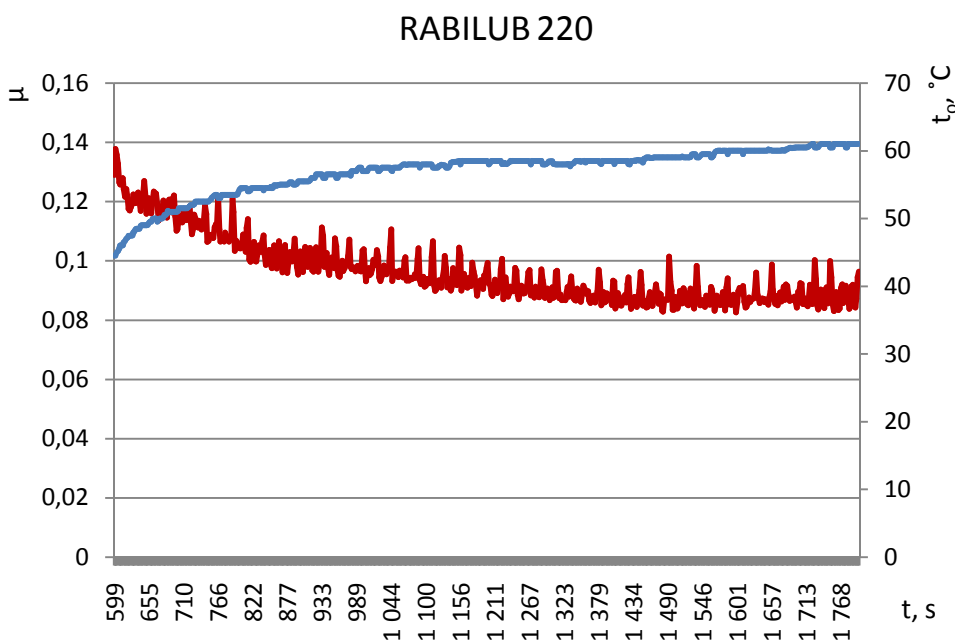
Hmotnostný úbytok na platničkách pri jednotlivých meraniach uvádzame v nasledujúcom grafe (obr.26).



Obrázok 26 - Hmotnostné úbytky pre merania s olejom Tantalus SE 220

Výsledky skúšok pre Rabilub 220

Druhým olejom použitým pri skúškach bol biologicky odbúrateľný olej Rabilub 220. Pri experimente s týmto olejom sme použili platničky 4 až 6 a hriadele číslo 8, 9, 10. Výsledný graf (obr.27) je priemernou hodnotou troch meraní. Tak isto ako na výslednom grafe pre Tantalus, graf zobrazuje časovú závislosť teploty oleja a súčiniteľa trenia po dobu 20 min a zaťaženia 1000 N.

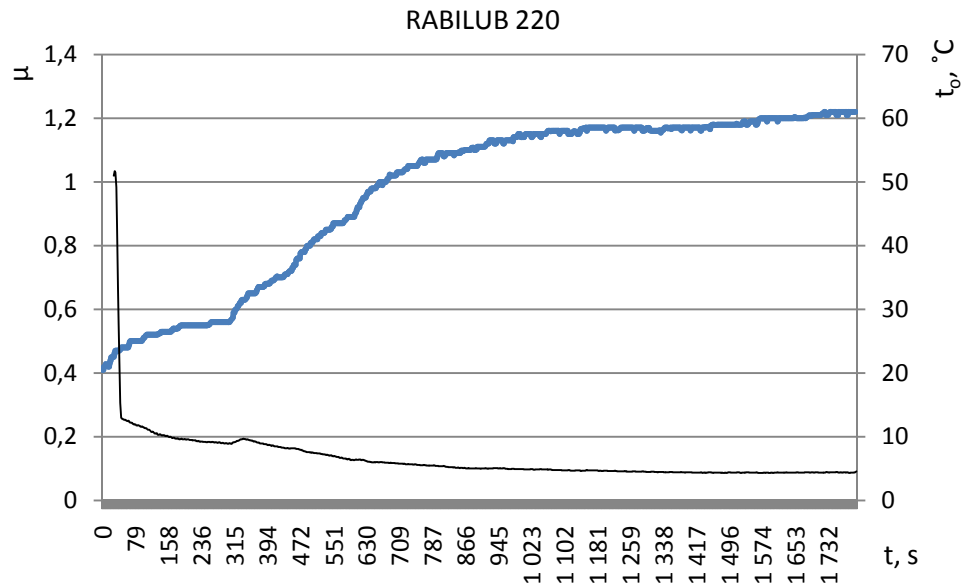


Obrázok 27 - Časová závislosť priebehu hodnôt teploty oleja a súčiniteľa trenia pre olej Rabilub 220

Priebeh súčiniteľa trenia a teploty počas celej doby trvania skúšky

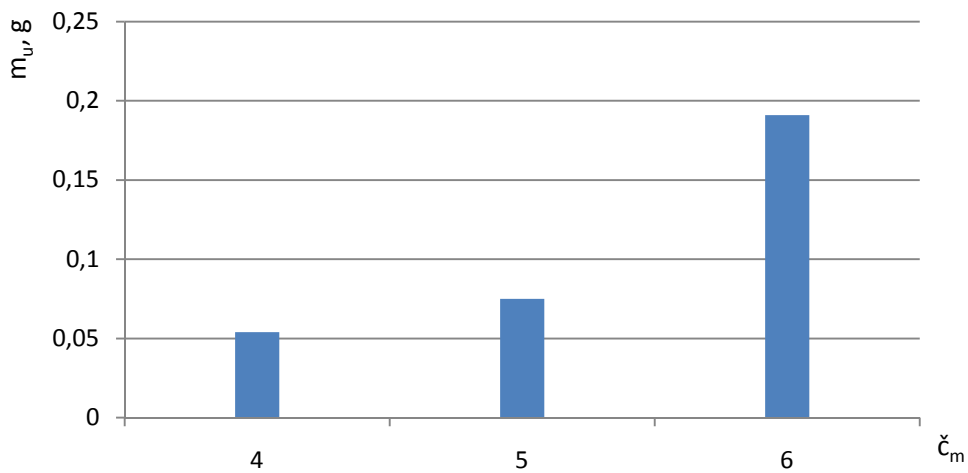
Pri zaťažení 250N v prvých sekundách súčiniteľ trenia prudko klesal na hodnotu 0,25 a potom sa klesanie spomalilo, teplota stúpala z 21°C na 28°C. súčiniteľ trenia klesol počas piatich minút na hodnoty tesne pod 0,2. Zvýšením zaťažovacej sily na 500N sa súčiniteľ trenia mierne zvýšil na hodnotu 0,2, ale vzápätí začal mierne klesať. Teplota sa zvýšila z 28 °C na 36 °C. Ďalším zvýšením zaťažovacej na sily na 750N sa klesanie súčiniteľa trenia neprerušilo, teplota však stúpala z 36 °C na 44,5 °C. Počas

zaťaženia 1000N sa súčiniteľ trenia naďalej znižoval až po hodnotu 0,088 a teplota sa dostala na hodnotu 61 °C



Obrázok 28 - Priebeh teploty a súčiniteľa trenia

Hmotnostný úbytok na platničkách 4 až 6 uvádzame v nasledujúcom grafe (obr.29)



Obrázok 29 - Hmotnostné úbytky pre merania s olejom Rabilub 220

5 VÝSLEDKY A DISKUSIA

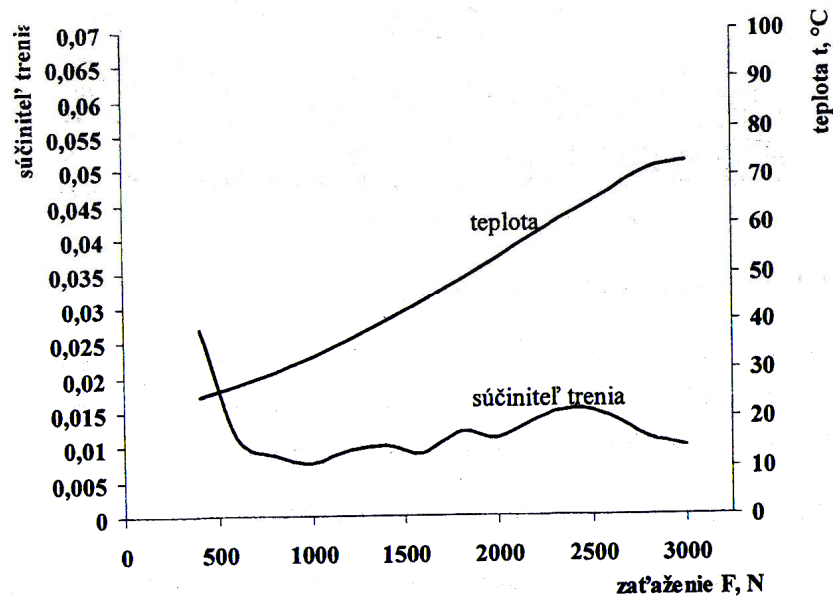
Experimentálne skúšky boli vykonávané na modernizovanom stroji TRIBOTESTOR M'06 podľa danej metodiky. Prístroj je ovládaný pomocou softwaru v počítači, ktorý je k nemu pripojený cez USB zbernicu. Keďže je celý priebeh skúšky naprogramovaný obsluha vykonávala iba náhodnú kontrolu. Po uplynutí skúšky prístroj sám vypne a zaznamenané údaje sa uložia do príslušného súboru.

Skúšky prebiehali v časovom rozpätí 30 minút a priebehu zaťaženia podľa predvoleného programu. Pre hodnotenie tribologických vlastností sme vybrali dva biologicky odbúrateľné oleje jeden na rastlinnej báze a druhý na syntetickej báze. A to Rabilub a Tantalus SE od firmy Molyduval vo viskozitnej triede 220. Materiály použité v klznom uzli sú bežne používanými materiálmi v poľnohospodárskej technike.

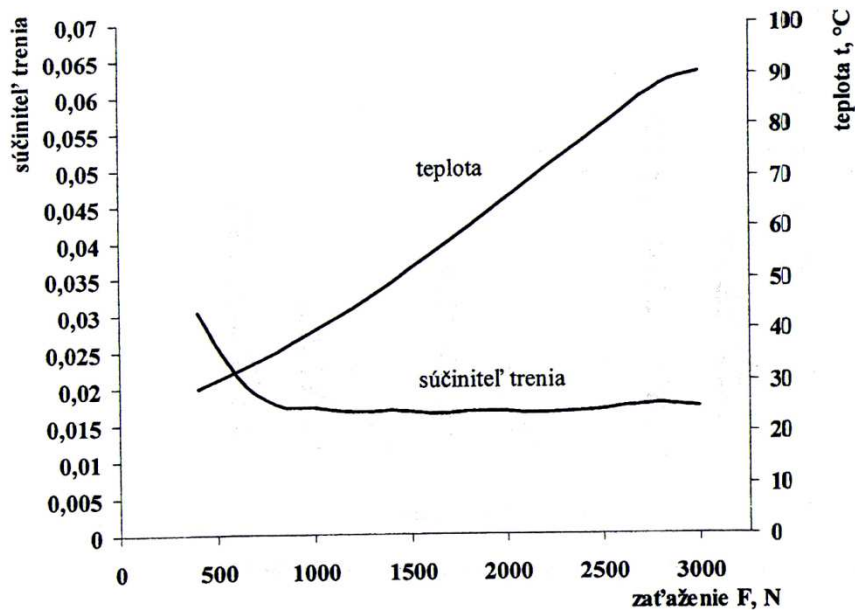
Skúškami sme zistili poradie vhodnosti použitia jednotlivých olejov. Pri meraní s použitím oleja Tantalus SE 220 súčiniteľ trenia, po 10 minútach kedy považujeme priebeh za ustálený, stále klesal a teplota sa mierne zvyšovala. Pri použití oleja Rabilub 220 dochádzalo tiež k poklesu súčiniteľa trenia po uplynutí oblasti zábehu, avšak súčiniteľ trenia pri použití tohto oleja dosahoval vyššie hodnoty pri porovnateľnej teplote oleja vid' (obr.32). Priebeh všetkých skúšok môžeme považovať za bezproblémový.

Výsledky prevedených skúšok sú vyhodnotené pomocou prehľadných grafov a tabuliek. Z výsledkov môžeme určiť poradie vhodnosti použitia skúšaných olejov, a to Tantalus SE 220 na prvom mieste a Rabilub 220 na druhom mieste.

Pri porovnaní výsledkov s výsledkami od iných autorov, ktorí prevádzali merania s použitím tých istých olejov avšak pri inom priebehu zaťaženia, môžeme vidieť nasledovné.



Obrázok 30 - Závislosť priebehu súčiniteľa trenia a teploty od zaťaženia – Tantalus SE 220 (Rusnák, Kadnár, Kučera, 2009)



Obrázok 31 - Závislosť priebehu súčiniteľa trenia a teploty od zaťaženia – Rabilub 220 (Rusnák, Kadnár, Kučera, 2009)

Pri skúškach s použitím oleja Tantalus SE 220 súčiniteľ trenia po oblasti zábehu klesal a dosiahol najnižšiu hodnotu pri zaťažení 1000N a to 0,007 (obr.30), ďalší priebeh je kolísavý s maximálnou hodnotou 0,015. Našimi skúškami sme dosiahli hodnoty súčiniteľa trenia pri zaťažení 1000N od 0,096 po 0,045 vid'. (obr.32).

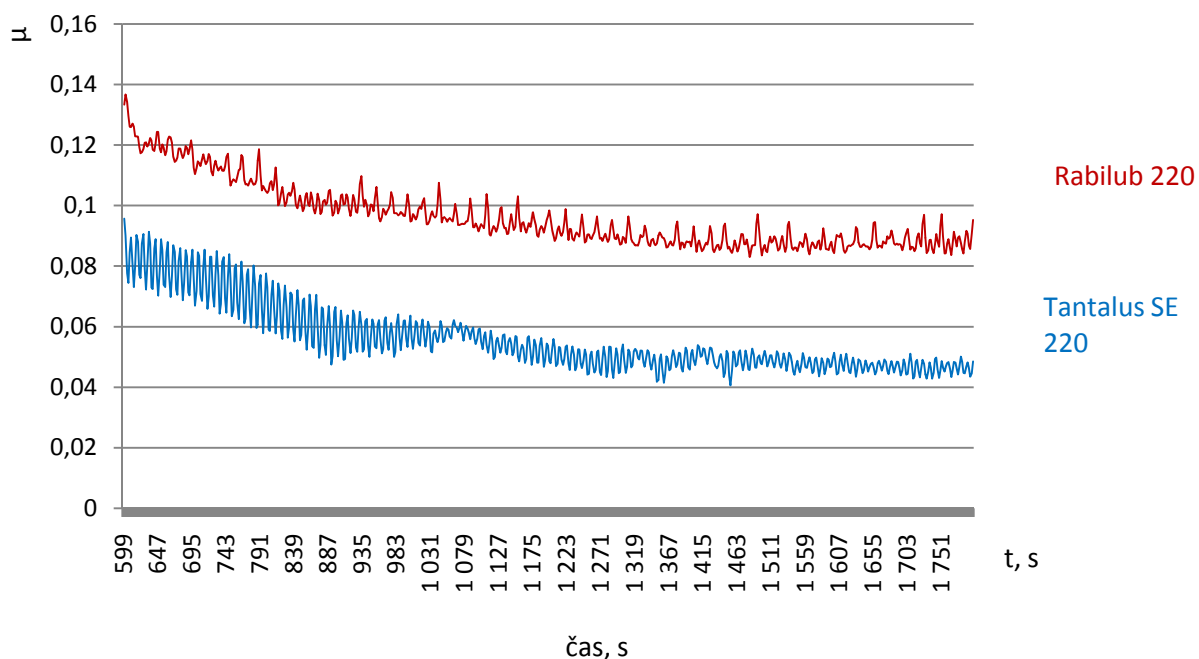
Pri použití oleja Rabilub 220 vid'. (obr.31) sa súčiniteľ trenia po oblasti zábehu ustálil na hodnote 0,0175 a priebeh môžeme charakterizovať ako vyrovnaný až po koniec zaťažovacej skúšky. Našimi skúškami sme pri použití tohto oleja dosiahli hodnoty súčiniteľa trenia po oblasti zábehu v rozmedzí 0,138 až po 0,088 vid'. (obr.32).

Môžeme skonštatovať, že pri skúškach so zaťažovacím cyklom ako vidíme na grafoch (obr.30, obr.31) dosahuje súčiniteľ trenia nižšie hodnoty ako sú hodnoty namerané našimi skúškami vid'. graf (obr.32).

Poradie vhodnosti použitia biologicky odbúrateľných olejov sa však nemení.

5.1 ZHRNUTIE VÝSLEDKOV

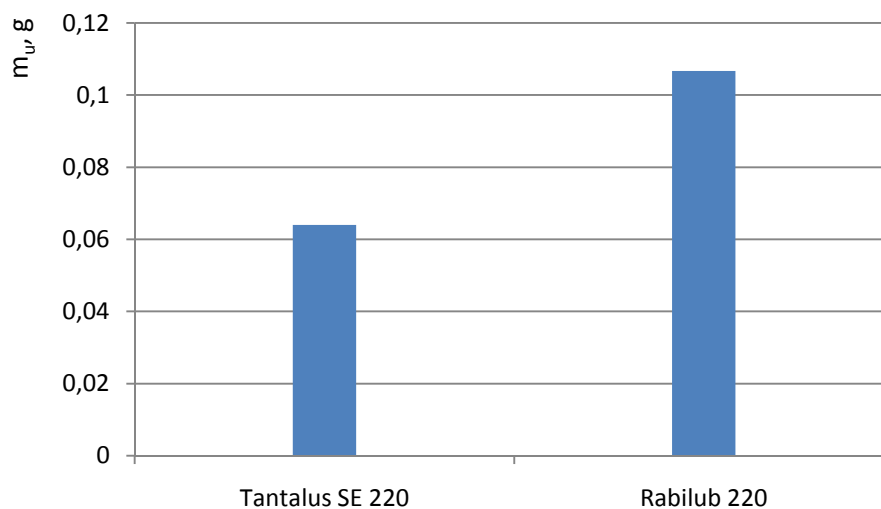
Prevedenými skúškami sme získali informácie o niektorých tribologických vlastnostiach biologicky odbúrateľných olejov. Svoju pozornosť sme upriamili na hodnoty súčiniteľa trenia a teploty oleja v závislosti na čase. V nasledujúcom grafe (obr.32) môžeme vidieť priebehy súčiniteľov trenia použitých olejov pri zaťažení 1000N po dobu 20 min. V grafe sme neuvažovali s oblasťou zábehu trvajúcou 10 min., počas ktorej sa zaťaženie zvyšovalo.



Obrázok 32 - Časová závislosť súčiniteľa trenia pre jednotlivé oleje

Z uvedeného grafu je zrejmé, že súčiniteľ trenia pri mazaní klznej dvojice olejom Tantalus SE 220 je nižší než pri použití biologicky odbúrateľného oleja Rabilub 220.

Ďalším údajom na porovnanie je hmotnostný úbytok na platničkách. Na grafe môžeme vidieť porovnanie priemerných hmotnostných úbytkov zo skúšok pre Tantalus SE 220 a Rabilub 220.



Obrázok 33 - Priemerné hmotnostné úbytky z troch meraní pre jednotlivé oleje

Z uvedeného grafu môžeme vidieť, že pri mazaní klznej dvojice biologicky odbúrateľným olejom Rabilub 220 došlo k väčším hmotnostným úbytkom než pri použití oleju Tantalus SE 220.

6 ZÁVER

Únik palív a mazív z poľnohospodárskej techniky pri práci v ťažkom teréne nepriaznivo ovplyvňuje životné prostredie, preto je potrebné nahradiť ich biologicky rýchlo odbúrateľnými mazivami na rastlinnej alebo syntetickej báze.

V predloženej práci s názvom „Hodnotenie tribologických vlastností vybraných biologicky odbúrateľných olejov“ sme sa zaoberali pojmom tribológia. Zhrnuli sme poznatky z trenia, mazacia, klasifikácie mazív a vlastností biologicky odbúrateľných olejov.

Skúšky tribologických vlastností boli prevádzané na zariadení TRIBOTESTOR M'06. Oleje boli hodnotené na základe vybraných hodnôt súčiniteľa trenia a teploty oleja v závislosti na čase.

Na klznom uzli s použitými materiálmi CuSn10 a ocele 12050 sme vykonali skúšky pre biologicky odbúrateľný olej Tantalus SE 220 a Rabilub 220 od firmy Molyduval. Uskutočnené experimentálne skúšky ukázali, že z hľadiska hodnoty súčiniteľa trenia a teploty oleja je pre mazanie tohto klzného uzla vhodnejší olej Tantalus SE 220.

7 POUŽITÁ LITERATÚRA

1. BAJLA, J. a kol. 2004. Strojárske tabuľky. Bratislava: Slovenský ústav technickej normalizácie, 2004. 451s. ISBN 80-88971-18-7.
2. BLAŠKOVIČ, P. et al. 1990. Tribológia. Bratislava: Alfa, 1990. 360s. ISBN 80-05-00633-0.
3. BHUSHAN, B. – GUPTA, K. B. 1997. Handbook of tribology. Melbourne: Krieger Publishing Company, 1997. 1168s. ISBN 15-7524-050-5.
4. BHUSHAN, B. 2002. Introduction to Tribology. New York: John Wiley and Sons, 2002. 752s. ISBN 04-7115-893-3.
5. KADNÁR, M. – RUSNÁK, J. 2008. Ekologické oleje aplikované do oblasti klzných uložení. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2008. 87s. ISBN 978-80-8069-998-7.
6. LÄMMLE, P. et. al. 2005. Strenge Kriterien für moderne Schmierstoffe. *In Verband der Baumaschinen-Ingenieure und –Meister e.V.*, vol. 33, 2005, no. 1. s. 18-20. ISSN 0940-3035.
7. MANG, T. – DRESEL, W. 2007. Lubricant and Lubrication. Weinheim: WILEY-VCH GmbH. 850 s. ISBN 978-3-527-31497-3.
8. MATTHIES, H. J. a kol. 2006. Einführung in die Ölhydraulik. Wiesbaden: Teubner Verlag 2006, 298 s., ISBN-10 3-8351-0051-3.
9. RATAJ, V. et. al. 2005. Metodika písania záverečných prác na SPU v Nitre. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2006. 83s. ISBN 80-8069-623-3.
10. ROUSEK, M. 2004. Recycling biodegradable oils for the hydraulics circuits and protection of the enviroment. *Naukovij visnik, Lisova inženerija: tehnika, tehnologija i davkillja*, 2004, s.307-318. ISBN 5-7763-2435-1.
11. RUSNÁK, J. – KADNÁR, M. – KUČERA, M. 2009. Biologicky odbúrateľné oleje z pohľadu ich tribologických vlastností. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2009. 85s. ISBN 978-80-552-0166-5.
12. ŠTEPINA, V. – VESELÝ, V. 1980. Maziva a speciální oleje. Bratislava: VEDA vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied v Bratislave, 1980. 689s.
13. ŠTEPINA, V. – VESELÝ, V. 1985. Maziva v tribologii. Bratislava: VEDA vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied v Bratislave, 1985. 408s.

Použité normy:

STN 65 6212

STN 65 6072