

## Vplyv ekologických biopalív na spoľahlivosť strojov

Abdelqader Najajreh<sup>1</sup> a Daniela Marasová<sup>1</sup>

### *The influence of ecological components on reliability of machinery*

*Conservation ecology, biology, and science all reveal how we fit in with the natural world, they can not only inform our ethics but also expand our sense of meaning. Research between science and nature candid conversation with leading scientists and philosophers, to present an emerging view of a new meaning for science in our lives and why this new meaning is crucial for our times, this well mark a turning point in humanity's troubled relationship with nature.*

**Key words:** ecological components, reliability, machinery, cavitation of liquid and mathematical model of cavitation.

### Úvod

V súčasnosti sa častejšie používajú fosilne palivá a z trendov ich spotreby je zrejmé, že v priebehu 21. storočia budú vyčerpané ich zásoby (najmä uhlia a ropy). Stojíme pred situáciou vyčerpanosti tradičných zdrojov energie a negatívnymi vplyvmi na životné prostredie. Táto skutočnosť si vynucuje hľadať zdroje čistej energie, ako je napr. energia prúdenia vetra, biomasa, solárna energia a pod. Používanie a výroba biomasy akou je napríklad bionafta, alebo rôzne biokvapaliny, sa vyznačuje viacerými výhodami, najmä ochranu životného prostredia, ale aj nevýhodami a to najmä zhoršením technických parametrov napr. u mobilných dopravných prostriedkov, a tým znížením ich spoľahlivosti a životnosti. Z uvedeného vyplýva, že hlavnou príčinou existencie nevýhod je nedostatok serióznych a kvalifikovaných výskumov a experimentov, ktoré sa zaoberajú odolnosťou rôznych materiálov voči biomase.

### Prehľad niektorých ekologických biopalív

V súčasnosti sa používajú viaceré ekologické biopalivá, ktoré sa vyznačujú niektorými ekologickými výhodami, sú to:

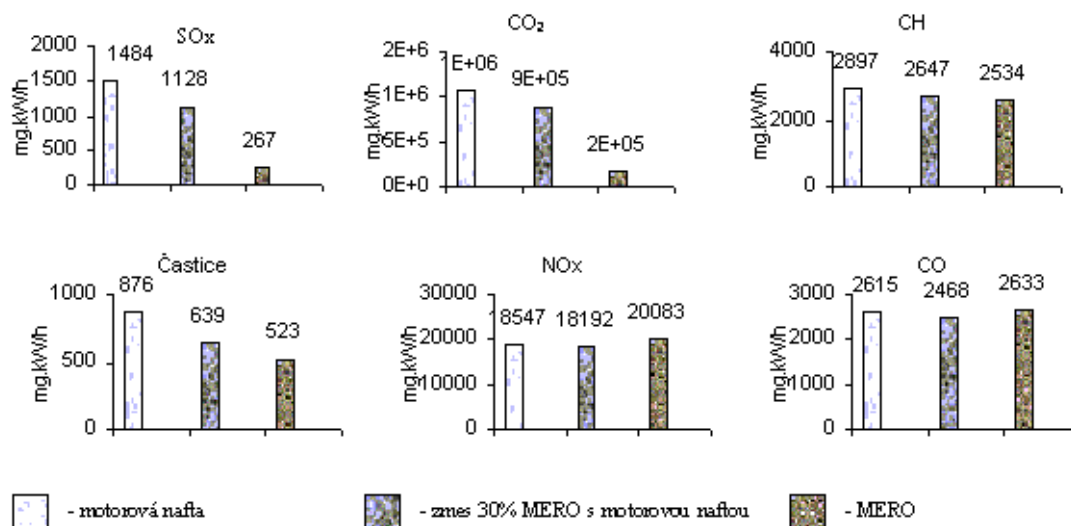
- Bionafta typu MERO (metylestery repkového oleja) alebo zmes MERO s motorovou naftou. Porovnanie vlastností MERO s motorovou naftou a zmesou 30% MERO s motorovou naftou je v grafe č.1. V tabuľke č.1 sú uvedené rozdiely prevádzkových a ekologických faktorov medzi motorovou naftou, bionaftou typu MERO a viackomponentnou bionaftou s obsahom viac ako 30% hm. MERO (Zdeněk, 1997).
- Hydraulická kvapalina na báze polyglykolu, syntetických esterových olejov a rastlinných olejov.
  1. Firma SHELL [2]: Shell Naturelle HF-E, Shell Naturelle HF-R,
  2. Spoločnosť BP Oil [1]: BP Bioforst 2000, BP Bioslide 150 a BP Bioslide 320,
  3. Spoločnosť KORAMO [3]: Mogul greensave.

Tab.1. Rozdiely medzi prevádzkovými a ekologickými vlastnosťami medzi motorovou naftou MN, bionaftou typu MERO a viackomponentnou bionaftou s obsahom viac ako 30% hm. MERO.

Tab.1. The differences between operating and ecology properties between engine diesel MN, biodiesel - type MERO, and combination with biodiesel which has the contents more than 30% weight of MERO.

Prevádzkové vlastnosti	MERO	Viackomponentná bionafta (viac ako 30% hm. MERO)
Výkon [%]	-5%	-2% až -3%
Spotreba palivá [%]	+ viac ako 5%	+ do 5%
Riedenie motorového oleja	vyšší než u MN (kratší interval výmeny MO)	nie je badateľný rozdiel
Agresivita voči náterom, gume	vyšší	takmer ako u MN
Mazivosť	lepšia	skôr lepšia
Ekologické vlastnosti		
Dymivosť	-50 až -60%	-30 až -50%
Emisie (EHK 24)	- výrazne nižší, CO, HC, častice, SO <sub>2</sub> x, PAHC - vyšší NO <sub>2</sub> x	- nižší CO, častice, NO <sub>2</sub> x, PAHC
Biologická odbúrateľnosť (CEC L-33-A-93)	okolo 98 % za 21 dní	Min. 90% za 21 dní

<sup>1</sup> Ing. Abdelqader Najajreh a Doc. Ing. Daniela Marasová, CSc. Katedra logistiky a výrobných systémov Fakulty BERG Technickej univerzity, Park Komenského 14, 043 84 Košice (Doručené 20.5.2000, recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 5.9.2000)



Graf.1. Porovnanie tvorby emisií v technologických reťazoch výroby a použitia motorovej nafty, zmesi 30% MERO s motorovou naftou a MERO (ECOBILAN).

Graf.1. Comparison creation of the emissions in the technological networks of production and usage of the engine diesel, mixture 30% MERO with engine diesel and MERO (ECOBILAN).

### Dôležitosť jednotlivých vlastností materiálov

Väčšina konštruktérov, ktorí volia vhodný materiál pre konštruovanú súčiastku (ktorá prichádza do styku s predpísanou kvapalinou), kladú dôraz na mechanické vlastnosti, odolnosť materiálu voči korózii, funkčnosť, zníženie výrobných nákladov, zvýšenie kvality a pod. Príkladom môže byť nasledujúca tab.2 (Fiala, 1990). Odolnosť materiálov však nezávisí len od týchto faktorov, ale aj od chemického zloženia, od hladkosti povrchov a opotrebenia materiálov.

V kavitačnej prevádzke, napr. u čerpadiel (v miestach pôsobenia erozívnej aj korozívnej kavitácie) niekedy vzniká veľmi rýchlo úbytok materiálu namáhaných súčastí a niekedy sa základné časti čerpadla zničia za niekoľko týždňov. Konštruktéri jednoducho nekladú dôraz na vlastnosti použitého materiálu a nezvolia pre niektoré dôležité funkčné súčiastky strojov vhodnejší - odolnejší materiál, ktorý odoláva kavitácii.

Ak by sme chceli voliť materiál, ktorý má prichádzať do styku s kvapalinou iba podľa údajov dostupných v tabuľke, mohli by sme sa dopustiť zásadnej chyby. Bionafta je kvapalina, ktorá pôsobí relatívne agresívne na povrch súčiastok prichádzajúcich s ňou do styku (kavitačné javy), a preto nie je možné pri výbere materiálu postupovať podľa štandardných úvah.

### Kavitácia biopalív

Pri obtekaní pevných telies kvapalinou vznikajú malé priestory (bubliny) naplnené parami alebo plynom kvapaliny alebo súčasne parou i plynom. Tento jav sa nazýva kavitácia. Kavitácia v kvapaline predstavuje narušenie jej spojitosti (pevnosti kvapaliny). Vzniká pri dosiahnutí určitého stavu kvapaliny v danom mieste.

### Kavitačná odolnosť materiálu

Kavitačná odolnosť je schopnosť materiálu odolávať pôsobeniu kavitácie. Táto schopnosť závisí od druhu a stavu materiálu. Veľkosť zmien na poškodenom povrchu závisí od vlastností materiálu, intenzity a doby pôsobenia kavitácie, druhu a stavu biopaliva.

### Kavitačné opotrebenie materiálu

Kavitačné opotrebenie je charakterizované oddeľovaním častíc materiálu a poškodzovaním povrchu súčiastky v oblasti zanikania kavitačných dutín v kvapalinovom biopalive. Rozumieme tým súhrn zmien, vyvolaných pôsobením kavitácie na materiál. Sú to zmeny tvaru a štruktúry materiálu, spôsobené kavitáciou oddeľovaných častíc (objemovým úbytkom).

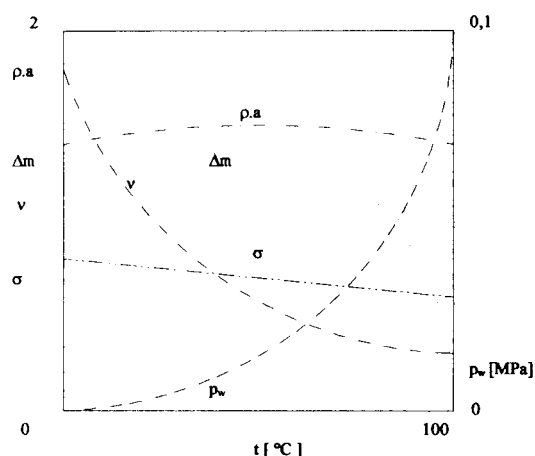
Jednotlivé úbytky pre rôzne materiály sa spravidla môžu zistiť iba pokusnými meraniami, pretože v súčasnosti je málo dostupných údajov o biopalive. V nasledujúcej tabuľke č. 3 sú uvedené niektoré výsledky meraní objemového úbytku pre niektoré materiály (Noskievič et al., 1990).

Tab.2. Vlastnosti niektorých materiálov.  
Tab.2. The properties of some materials.

Vlastnosti materiálu		Materiál
		Ocele na tvárnenie
Použitie	na súčiastky a zariadenia využívajúce vody a kvapaliny	17 021
Odolnosť voči korózii	áno	
Medza klzu Re [MPa]	245 až 295	
Pevnosť v ťahu Rm [MPa]	441 až 245	
Tvrdosť [HB]	max. 245	
Chemické zloženia materiálu [%]	0,09 až 0,15 C ; 0,9 Mn ; 0,7 Si ; 0,04 S; 12 až 14 Cr	
		Ocele na odliatky
Použitie	obežné kolesá, lopatky, súčiastky vodných turbín a čerpadla	42 2904
Odolnosť voči korózii	súčiastky vystavené korózii a kavitácii	
Medza klzu Re [MPa]	290 až 295	
Pevnosť v ťahu Rm [Mpa]	490 až 785	
Tvrdosť [HB]	140 až 240	
Chemické zloženia materiálu [%]	max. 0,15 C ; 0,5 až 0,9 Mn ; max. 0,6 Si; 0,07 S+P ; 11,5 až 14 Cr ;0,5 Cu ; 0,7 až 1,2 Ni	
		Liatiny sivé a tvárne
Použitie	na trubky, armatúry, súčiastky čerpadiel a kotle	42 2483
Odolnosť voči korózii	áno	
Pevnosť v ohybe [MPa]	max. 343	
Pevnosť v ťahu Rm [MPa]	max. 196	
Tvrdosť [HB]	max. 425	
Chemické zloženia materiálu [%]	0,5 až 0,8 C ; 0,3 až 0,8 Mn ; 14 až 16	
		Ťažké kovy
Použitie	na hydraulické súčiastky	42 3045
Odolnosť voči korózii	áno	
Medza klzu Re [MPa]	max. 196	
Pevnosť v ťahu Rm [MPa]	max. 110	
Tvrdosť [HB]	max. 425	
Chemické zloženia materiálu [%]	8 až 10 Al ; 2 až 4 Fe ; zbytok Cu	

Tab.3. Výsledky skúšok odolnosti materiálov proti kavitáčnému opotrebeniu.  
Tab.3. The results of tests resistance of materials against the cavitation and deterioration.

Označenie materiálu	Tvrdosť [HB]	Maximálna rýchlosť objemového úbytku [mm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> ]	Objemový úbytok [mm <sup>3</sup> ] v závislosti na dobe - 25h skúšky
42 2643.1	129	0,0513	59,1017
42 2709.1	174	0,0330	41,6224
42 2720.1	207	0,0259	26,7455
42 2904.5	191	0,0151	21,8628
42 2906.5	224	0,0137	13,3203
Cr13Ni6	290	0,0078	6,1251
Cr10Mn10	244	0,0013	0,7125



### Vplyv biopalív na kavitáčné opotrebenie

Vplyv biopalív na kavitáčné javy je daný jej zložením a stavom, ktoré určujú jej fyzikálne a chemické vlastnosti, a tým aj jej kavitáčnú aktivitu.

Z fyzikálnych vlastností biomasy sú dôležité: viskozita ( $\nu$ ), hustota ( $\rho$ ), tlak nasýtených pár ( $p_w$ ), povrchové napätie ( $\sigma$ ), rýchlosť šírenia tlakových vln (zvuku) ( $a$ ) a tepelná i elektrická vodivosť. Typické fyzikálne vlastnosti vody sú

Obr.1. Fyzikálne vlastnosti vody v závislosti na teplote.  $\Delta m$  – priebeh kavitáčného úbytku materiálu v závislosti na teplote vody.  
Fig.1. The physical properties of water in dependency on temperature.  $\Delta m$  – time behaviour cavitation losses by material in the dependency on

temperature of water.

na obr.1 (Noskievič et al., 1990), zobrazené v závislosti na jej meniacej sa teplote.

Chemické vlastnosti biopalív vo vzťahu ku kavitácii sú dané oxidačnou aktivitou a celkovou chemickou afinity biomasy k materiálu steny súčiastky. Značný vplyv na tieto vlastnosti má stav biomasy, t.j. teplota, čistota (druh, stav a počet pevných a tekutých prímies schopných vytvoriť kavitačné jadro), relatívna rýchlosť a turbulencia. Tlak biomasy má značný vplyv na vznik kavitácie a jej účinkov, zvýšený tlak biomasy môže naopak zabrániť vzniku kavitácie.

### Vplyv materiálu na kavitačné opotrebenie

Kavitačná odolnosť materiálu závisí od jeho druhu a stavu. Druh je daný chemickým zložením. Stav je daný mechanickým a tepelným spracovaním, kvalitou a úpravou povrchu a pod. Tým sú určené mechanické, chemické, elektrochemické a ďalšie vlastnosti. Mechanické vlastnosti sa dajú zlepšiť mechanickým a tepelným spracovaním a úpravami povrchu. Z ďalších vlastností má význam odolnosť proti elektrochemickej korózii. Menší význam má tepelná a elektrická vodivosť, ktoré znižujú elektrochemické pôsobenie kavitácie.

### Formy účinkov kavitácie na napadnutej ploche

Najdôležitejšie účinky kavitácie sú:

1. mechanické (primárne),
2. chemické a elektrotermické (sekundárne).

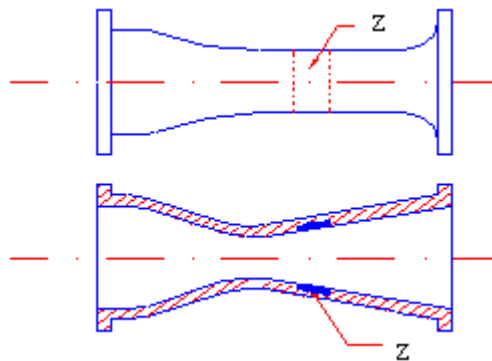
Mechanické účinky sú následkom hydraulických rázov vznikajúcich v konečnej fáze zániku kavitačnej bubliny. V mieste rázu dochádza k pružnej a pri dostatočnej intenzite k trvalej deformácii povrchovej vrstvy materiálu. K akej deformácii dôjde, závisí nielen od veľkosti rázu, ale samozrejme v nemenšej miere od vlastností materiálu. Chemická a elektrotermická korózia má značný vplyv na celkovú kavitáciu poškodeného materiálu. Mechanické a korózne účinky sa pri kavitácii navzájom dopĺňajú a podporujú. Konečný účinok - objemový úbytok - spôsobený uvoľnením častíc z povrchu materiálu sa pri spolupôsobení vymenovaných účinkov rapídne zvyšuje.

### Skúšky kavitačnej odolnosti materiálu

Ako už bolo vyššie spomenuté, v súčasnosti prakticky jedinou schodnou cestou, ako sa dostať k poznaniu vlastností jednotlivých materiálov, sú laboratórne skúšky. Podstatou väčšiny typov skúšobných prístrojov je zníženie lokálneho tlaku v kvapalinovej biomase na kavitačný tlak, a tým dosiahnutie implózie kavitačných bublín.

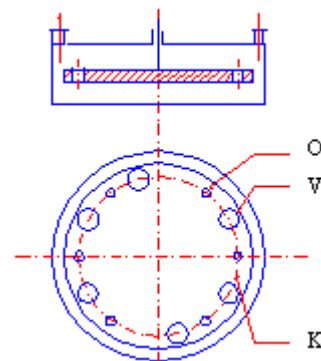
Kavitačný tlak sa dá dosiahnuť štyrmi spôsobmi (Noskievič ete al., 1990):

- a) zúžením prúdu v kanále - dýzové (prúdové) prístroje (obr.2),
- b) rotáciou plochého disku s otvormi, ponoreného v kvapalinovej biomase - rotačné diskové prístroje (obr.3),
- c) vibráciou činnej časti prístroja v kvapalinovej biomase - vibračné prístroje (obr.4),
- d) nárazom rotujúcej vzorky na lúč kvapalinovej biomasy - rotačné nárazové prístroje (obr.5).



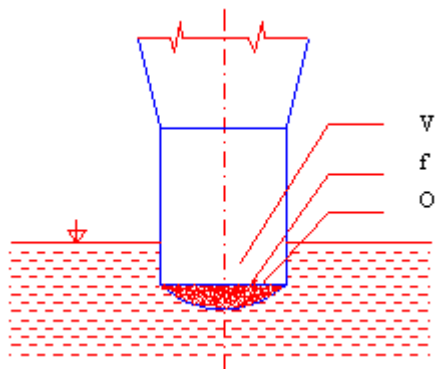
Obr.2. Prúdový skúšobný prístroj v tvare vnútornej dýzy (z - skúšobná vzorka).

Fig.2. Flow experimental instrument in form of internally throats (Z - experimental pattern).

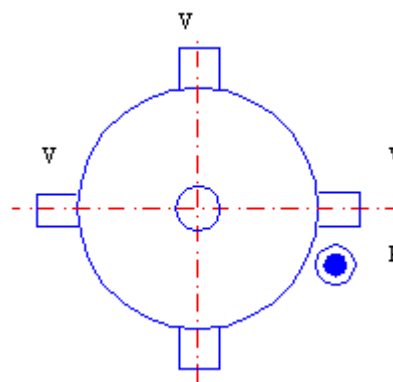


Obr.3. Schéma rotačného diskového prístroja (O - otvor, V - vzorka, K - kavitačná oblasť).

Fig.3. Sketch of rotary disc instrument (O - hole, V - experimental pattern, K - cavitation region).



Obr.4. Kmitajúca vzorka v kvapaline (V - vzorka, O - kavitačná oblasť, f - funkčná plocha).  
Fig.4. Vibrant pattern in liquid (V - pattern, O - cavitation region, f - functional area).



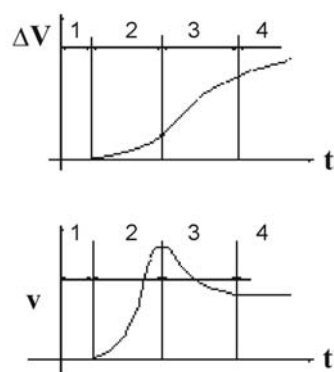
Obr.5. Schéma rotačného nárazového prístroja (P - lúč kvapaliny, V - vzorka).  
Fig.5. Sketch of rotary impulse instrument (P - ray of liquid, V - pattern).

### Metódy vyhodnocovania skúšok

Pre vyhodnocovanie výsledkov skúšok sú dôležité kritériá kavitačnej odolnosti. Sú to najmä:

1. inkubačná doba, t.j. doba pôsobenia kavitácie na materiál – počas ktorej dochádza k meniteľnému úbytku objemu (hmotnosti) materiálu,
2. doba potrebná k dosiahnutiu stanoveného úbytku,
3. hmotnosť úbytku materiálu za stanovenú dobu,
4. maximálna rýchlosť kavitačného opotrebenia,
5. matematická analýza časového priebehu úbytku materiálu.

Uvedené kritériá vychádzajú z rozboru časového priebehu úbytku materiálu počas skúšky. Priebeh kavitačného opotrebenia podľa (Noskievič, 1990; Zdeněk, 1997) na obr.6.



Vysvetlivky:

1. počiatočné štádium (inkubačná doba),
  2. štádium vzrastu rýchlosti opotrebenia(v),
  3. štádium znižovania rýchlosti opotrebenia,
  4. štádium ustáleného bodu,
- A - inflexný bod,  
ΔV - objemový úbytok.

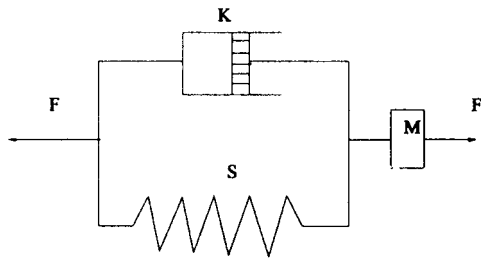
Obr.6. Časový priebeh kavitačného opotrebenia.  
Fig.6. The timing of cavitation losses.

### Matematický model dynamiky kavitačného rozrušenia

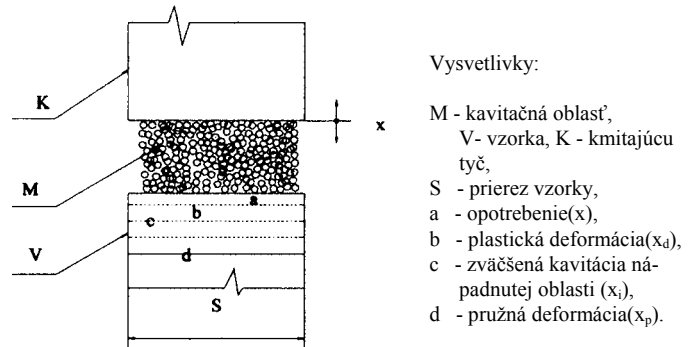
Mechanický prípadne chemický alebo elektrochemický účinok vyvoláva únavu materiálu. Rázy pôsobia na malej ploche materiálu pri vysokých frekvenciách a v kavitačne napadnutom materiáli vyvolávajú tieto podstatné deformácie:

1. pružné deformácie, ktoré sú pre jednoosové napätie popísané Hookovým zákonom,
2. plastické deformácie, ktoré sú charakterizované viskóznym tečením materiálu,
3. rozrušenie materiálu, ktoré je spôsobené prekročením medze pevnosti materiálu a vznikom trhlin. Pri spojení niekoľkých trhlín dochádza k vydrobovaniu (úbytku) materiálu.

Štruktúrny model kavitačného rozrušenia (Noskievič, 1990) je znázornený na obr.7.



Obr. 7. Štruktúrny model kavitačného rozrušenia, (K – tlmič, M – hmotnosť, S – pružina, F – sila).  
Fig. 7. Structural model of cavitation destroying, (K – damper, M – mass, S – spring, F – force).



Obr. 8. Schematické znázornenie oblastí kavitáciou napadnutého materiálu.  
Fig. 8. Sketch of cavitation region by attacking certain material.

Vysvetlivky:

- M - kavitačná oblasť,
- V - vzorka, K - kmitajúca tyč,
- S - prierez vzorky,
- a - opotrebenie(x),
- b - plastická deformácia( $x_d$ ),
- c - zväčšená kavitácia napadnutej oblasti ( $x_i$ ),
- d - pružná deformácia( $x_p$ ).

Plastické deformácie spojené s viskóznym tečením materiálu predstavuje tlmič K. Jeho silový účinok je závislý na rýchlosti pohybu a vlastnostiach kvapalinovej biomasy. Zotrvačnosť kvapalinovej biomasy a zotrvačnosť kavitačného opotrebenia predstavuje zotrvačná hmotnosť M (obr.7). Vyrobovanie materiálu, t.j. úbytok vrstvy na povrchu, je úmerný posunutiu a príslušnej sile, ktorú predstavuje pružina S. Sila F predstavuje účinok kavitácie na materiál. K odvodeniu matematického modelu je potrebné odvodiť kvalitatívne vzťahy pre jednotlivé sily. Na povrchu materiálu vznikajú kavitačné oblasti M (obr.8) čím, sa vo vzorke V vyvoláva kavitačné opotrebenie.

Za čas  $t$  sa zo vzorky V vyrobí vrstva  $x$ , ktorá predstavuje redukovanú hĺbku (konštantnú po celom povrchu vzorky), zodpovedajúcu objemovému (alebo hmotnostnému) úbytku materiálu. Plastické deformácie, vyvolané kavitáciou, prenikajú do hĺbky  $x_d$ , čo je redukovaná hĺbka plastických deformácií. V čase  $t$  teda dôjde k zmene hĺbky vrstvy, v ktorej prebiehajú nevratné javy. Jej prírastok je vyjadrený redukovanou hĺbkou  $x_i$ , ktorá vyjadruje zotrvačnosť kavitačného opotrebenia. Pružné deformácie vyvolané kavitáciou prenikajú do hĺbky  $x_p$ , čo je redukovaná hĺbka pružných deformácií. Stredná veľkosť hrán kavitáciou vydrobených častíc v podobe malých kvádrov je  $x_k$ . Potom redukovaná hĺbka kavitačného opotrebenia (za čas  $t$ ) sa dosiahne vydrobením  $i = x/x_k$  vrstvičiek. Vyrobovanie prebieha vo vrstvách po jednotlivých časticách. Vydrobenie jednej častice materiálu nastane tlakom, prekonaním určitej medze súdržnosti  $\sigma_k$  na základni kvádra  $x_k$  a šmykom na plášti kvádra  $x_k$  s medzou súdržnosti  $\tau_k$ . Výsledná sila, potrebná ku kavitačnému rozrušeniu, sa dá vyjadriť vzťahom

$$F_k = k_k \cdot x \quad , \quad (1)$$

kde  $k_k$  - súčiniteľ kavitačnej odolnosti materiálu.

Podobná je sila vyvolávajúca pružnú deformáciu materiálu

$$F_p = k_p \cdot x \quad , \quad (2)$$

kde  $k_p$  - súčiniteľ kavitačnej pružnej odolnosti materiálu.

Ku kavitačnému rozrušeniu materiálu dôjde po prekročení medze klzu, t.j. pri  $F_k > F_p$ , takže sila vyvolávajúca kavitačné rozrušenie

$$F_o = F_k - F_p = (k_k - k_p) \cdot x = k \cdot x \quad , \quad (3)$$

kde súčiniteľ  $k$  je merítkom kavitačnej odolnosti materiálu.

Sily, ktoré vyvolávajú plastické deformácie (viskózne tečenie materiálu), sa dajú vyjadriť vzťahom

$$F_d = \eta \cdot S \cdot \frac{dx}{dt} \quad , \quad (4)$$

kde  $\eta$  - dynamická viskozita tečenia materiálu.

Sily, spojené so zotrvačnosťou kavitačného rozrušenia sú

$$F_i = m_r \cdot \frac{d^2x}{dt^2}, \quad (5)$$

kde  $m_r$  - redukovaná zotrvačnosť hmotnosti.

Výsledná sila pri kavitačnom rozrušení je určená rovnovážnou rovnicou:

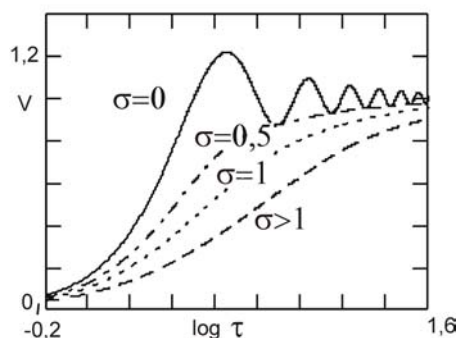
$$F_i + F_d + F_o = F \quad (6)$$

Dosadením rovníc (3),(4) a (5) do rovnice (6) dostaneme diferenciálnu rovnicu:

$$\frac{d^2v}{d^2t} + 2 \cdot \alpha \cdot \frac{dv}{dt} + \beta^2 \cdot v = 1, \quad (7)$$

kde pomerná doba  $\tau = \beta \cdot t$ , materiálové parametre sú vyjadrené pomocou  $\alpha$  a  $\beta$  je intenzita kavitačného rozrušenia.

Po vyriešení diferenciálnej rovnice (7) dostaneme závislosť rýchlosti kavitačného opotrebovania  $v$ , kde  $t = f(\tau)$  a materialová konštanta  $\delta = \alpha / \beta$ . Priebeh  $v = f(\tau, \delta)$  je na obr.9, kde na osi x je znázornená veličina  $\log \tau$ .



Čím je materiál kavitačne odolnejší, tým je menšia intenzita kavitačného rozrušenia. Kavitačne odolný materiál má nízke súčinitele a malé rýchlosti úbytku  $v$ . Materiály, ktoré sa prevažne plasticke deformujú, majú parameter  $\delta > 1$ .

V priebehu úbytku materiálu sa preto vyskytujú dva druhy kriviek. Charakteristickým znakom pre oba typy kriviek je inflexný bod A pri  $\delta < 1$  a záporný parameter  $t_0$ . U krivky úbytku pre  $\delta > 1$  neexistuje inflexný bod a parameter  $t_0$  je kladný.

Obr.9. Priebehy  $v = f(\tau, \delta)$ .

Fig.9. Timing for parameters  $v = f(\tau, \delta)$ .

## Záver

V súčasnosti je jasné, že zásoby fosilných palív sú konečné a vyčerpatel'né už nasledujúcou generáciou (pri nezmenenej intenzite ťažby). Nevyhnutnou skutočnosťou preto bude prechod k palivám, ktoré budú vyrábané biologickou cestou na rastlinnej báze (bionafta, bioolej a iné).

Z praktických skúseností vyplýva, že použitie biomasy v konvenčných motoroch nie je optimálnou cestou. Pre použitie biomasy bude nutné hľadať materiály, ktorých opotrebovanie nebude takého rozsahu ako nastáva pri použití biomasy v súčasne vyrábaných vznetrových motoroch. Veľký význam nadobudne kavitačná odolnosť materiálu súčiastok strojov a zariadení, ktoré prichádzajú do styku pri svojej činnosti s biomasou (bionafta, bioolej a iné).

Takéto materiály sú charakteristické najmä vysokou pevnosťou a tvrdosťou, vysokou schopnosťou deformácie, ťažnosťou, odolnosťou voči vnútornému napätiu v tlaku, vysokou koróznou odolnosťou. Ďalej sa musia vyznačovať hladkosťou povrchu, jemnozrnu, lamelárnou a tvárnou štruktúrou.

## Literatúra

- FIALA, J.: Strojnicke tabuľky. *SNTL*, Bratislava, 1990.  
 NOSKIEVIČ, J. a kol.: Kavitate v hydraulických strojích a zariadeních. *SNTL*, Praha, 1990.  
 ZDENĚK, P.: Bionafta, alternativní palivo pro vznetrové motory. *Zborník zo seminára výroba a použitie bionafty v podmienkach Slovenska*, 1997.  
 ŽŮŽI, B.: Možnosti využitia biopalív v dieselových motoroch a bioodbúratel'né hydraulické kvapaliny. *XXVI. Konferencie kateder a pracovišť spalovacích motorů slovenských a českých vysokých škol Nitra*, 1995.  
 KATALÓG [1] maziv od spoločnosti BP Oil Slovakia, s.r.o., 1997.  
 KATALÓG [2] maziv a olejov od spoločnosti SHELL Slovakia, s.r.o., 1997.  
 KATALÓG [3] technickej informácie MOGUL GREENSEVE od spoločnosti KORAMO, a.s., 1997.