

Slovenská spoločnosť pre tribológiu a tribotechniku

Kocel'ova 15, 815 94 Bratislava

Tel.++ 421 905 734 260

www.intertribo.sk, tribologia@centrum.sk

Tribotechnická informácia 1/2019

NOVÉ POŽIADAVKY NA PREVODOVÉ OLEJE

Ing. Jozef Stopka, predseda SSTT

Tel. +421 905 734 260, +421 094 835 726

e-mail: stopka@tribex.sk, tribologia@centrum.sk

Úvod

Prevody slúžia na prenášanie točivého pohybu a mechanickej energie z jedného hriadeľa na druhý. Sú to strojové súčasti ako napr. ozubené kolesá, trecie prevody, remeňové prevody, lanové prevody, reťazové prevody a ďalšie. Najpočetnejšiu skupinu tvoria ozubené kolesa, ktoré sa používajú predovšetkým na prevody so stálym prevodovým pomerom a s malou osovou vzdialenosťou hriadeľov. V súčasnej dobe vývoj priemyselných prevodových olejov ovplyvňujú najmä tieto dva aspekty. Prvý predstavujú samotné špecifikácie, normy ako je ISO 12925-1, DIN 51517-3, AGMA 9005-E02 EP a ďalšie špecifikácie. Druhý aspekt predstavujú samotné zmeny a požiadavky na priemyselné a automobilové prevodovky. Podstatný vplyv na ďalší vývoj majú preto samotní výrobcovia (OEM), ako sú Flender, David Brown a ďalší výrobcovia. V tejto súvislosti treba spomenúť novú skúšku na ochranu pred mikropittingom spoločnosti Flender FVA 54-FLS10-GFT a oxidačnú skúšku ASTM D 2893. Z nových požiadaviek na prevodovky treba uviesť nárast výkonu, nižšia váha a rozmery, menšie objemy olejových náplní, požiadavka na väčšiu spoľahlivosť a trvanlivosť, nižšie náklady na výrobu, nové materiály, úprava povrchov a iné. Z toho dôvodu narastá zaťaženie na ložiská a ozubenie, zvyšujú sa prevádzkové teploty a tým vznikajú aj nové požiadavky na prevodové oleje. Pre zaujímavosť až 50 % poškodených prevodoviek je v skutočnosti spôsobené poškodením ložísk. Ozubené prevody v konštrukcii strojov patria medzi najnáročnejšie tribologické uzly z hľadiska požiadaviek na ich mazanie. O výbere druhu a potrebných vlastnostiach prevodového oleja, maziva rozhoduje najmä rýchlosť sklzu zubov, resp. obvodová rýchlosť ozubených kolies, druh prevodu, tvar zubov, modul, veľkosť zaťaženia, prevádzková teplota, často aj vplyv prostredia a iné. V ostatnom čase nastali zmeny vo výrobnej technológii úpravy povrchov ozubenia a to tým, že z pôvodnej povrchovej úpravy (cementovanie) sa teraz používa nová technológia vytvrdzovania, kalenie povrchu ozubených kolies. Táto zmena priniesla vyššie jednotkové zaťaženie a to znamená, že ozubené prevody pracujú pri vyšších prevádzkových teplotách. Okrem toho treba spomenúť aj extrémne prevádzkové tlaky, ktoré môžu dosiahnuť hodnotu až do 3 000 MPa. Pri elastohydrodynamickom mazaní (EHD) v mieste kontaktu je olej stláčaný a stáva sa tuhú látkou a to vždy, keď prechádza cez tento kontakt. Každá zmena, zlepšenie v technológii prináša aj určité nežiaduce výsledky, zmeny. V ostatnom období to je nový fenomén poškodzovania povrchu zubov a to mikropitting. Mikropitting je výsledkom únavového opotrebovania, stáleho kontaktu, ktorý sa vyskytuje v kombinácii valivého a klzného EHD mazania, trenia v trecích uzlov pracujúcich v zmiešanom alebo hraničnom režime mazania. Z toho vyplýva, že sa môže vyskytovať najmä pri mazaní ozubených prevodov a valivých ložísk. Na základe aj týchto nežiaducich zmien boli a sú uvádzane do predaja, používania nové druhy, nová generácia prevodových olejov. Cieľom príspevku je uviesť dostupné informácie o nových požiadavkách na prevodové oleje a tiež základné kritéria pre ich výber z hľadiska ich uplatnenia v tribotechnickej praxi.

Kritéria pre výber prevodového oleja

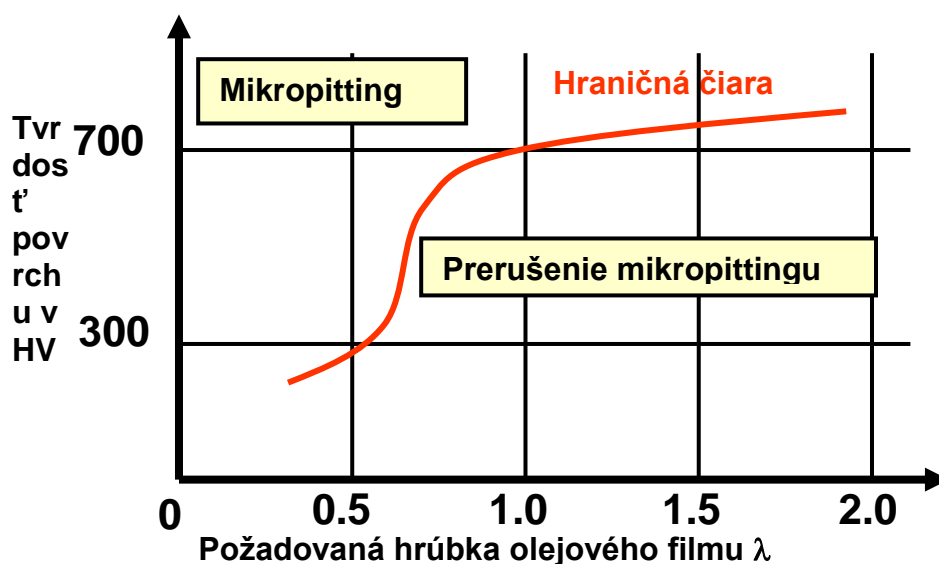
Pri výbere vhodného prevodového oleja pre ozubený prevod treba zohľadniť najmä tieto základné kritéria. Ide o tieto kritéria:

- **Viskozita** - fyzikálna veličina, ktorá patri medzi základné a dôležité vlastnosti mazacieho oleja. V tomto prípade, ide o stanovenie správnej viskozitnej triedy (ISO VG) mazacieho, prevodového oleja.
- **Prísady** – stanovenie vhodného balíka, formulácie prísad pre rôzne výkonové kategórie prevodových olejov, vzhľadom na prevádzkové podmienky.

- **Druh základového oleja** – výber vhodného základového oleja vzhľadom na prevádzkové podmienky, druh ozubeného prevodu a iné aspekty.

Uvedené tri základné kritéria treba zohľadniť pri výbere prevodového oleja a to nám dáva záruku pre dosiahnutie správnych tribologických podmienok pri mazaní konkrétneho ozubeného prevodu. Treba pamätať na to, že súčasné prevodové skrine sú menšie a vyrábajú sa z ľahších materiálov. Napriek tomu prenášajú väčšie zaťaženie, vyšší výkon, ako predtým. Olejové náplne sú menšie a prevádzkové požiadavky na prevodové oleje stále narastajú. To vedie k vyšším prevádzkovým teplotám a teda aj k rýchlejšej oxidácii oleja. V ostatnom období sa stretávame s novým fenoménom opotrebovania, poškodenia povrchu zubov, ako už bolo uvedené a to s mikropittingom. Mikropitting je výsledkom únavového opotrebovania, stáleho kontaktu, ktorý sa vyskytuje v kombinácii valivého a klzného elastohydrodynamického (EHD) mazania, trenia v trecích uzloch pracujúcich v zmiešanom alebo hraničnom režime mazania. Na obrázku č. 1 je uvedená, ako príklad hraničná čiara, ktorá rozdeľuje oblasť vzniku mikropittingu a to v závislosti na hrúbke olejového filmu a tvrdosti povrchu materiálu. Mikropitting sa tvorí najmä na hlave a päte zuba.

Obrázok č.1



Na základe týchto nežiaducich zmien boli a sú uvádzane do predaja, používania nové druhy nová generácia prevodových olejov. Prevodové oleje sú hodnotené najčastejšie podľa FZG testu. Metóda je popísaná v DIN 513 54 a špecifikácii CEC L-07-T-70. Skúšobné podmienky pre postup A sú označené ako A/8.3/90/20, kde 8.3 je obvodová rýchlosť, 90 °C teplota oleja a 20 mm šírka ozubenia. Skúšobná stupnica zahrňuje 12 stupňov podľa zaťaženia (stupne

poškodenia). V tejto súvislosti treba spomenúť aj novú skúšku na ochranu pred mikropittingom spoločnosti Flender FVA 54-FL510-GFT a oxidačnú skúšku ASTM D 2893. Vývoj prevodových olejov ovplyvňujú často aj nové špecifikácie výrobcov ozubených prevodov a tiež samotné normy, ako napr. ISO 12925-1 a DIN 51517. V prehľade uvedieme klasifikáciu priemyselných prevodových olejov podľa týchto noriem.

Normy ISO 12925-1 a DIN 51517

ISO 12925-1 CKA odpovedá DIN 51517-1 výkonová trieda C

ISO 12925-1 CKB odpovedá DIN 51517-2 výkonová trieda CL

ISO 12925-1 CKC odpovedá DIN 51517-3 výkonová trieda CLP

ISO 12925-1 CKD –podobne ako CKC, ale s lepšími antioxidačnými vlastnosťami

V praxi sa stretávame aj s klasifikáciou priemyselných olejov podľa AGMA 9005-E02, ktorá rozdeľuje prevodové oleje do dvoch skupín a to oleje prevodové typu R&O a EP, výkonové triedy napr. AGMA 5 EP, viskozitná trieda ISO VG 220.

Oleje automobilové prevodové a kvapaliny pre automatické prevodovky

Klasifikácia mazacích olejov pre mechanické prevodovky je určená na základe systému hodnotenie a to podľa API. Klasifikácia olejov pre automatické prevodovky (ATF) je určená na špecifikáciách najmä podľa výrobcov GM a Ford. Okrem toho sa používajú aj špecifikácie niektorých ďalších výrobcov, ako napr. MB, Chrysler, Toyota a tiež výrobcov priemyselných prevodoviek, napr. Voith, Allison, ZF a iní výrobcovia.

V praxi sa najčastejšie stretávame s výrobkami od GM obchodnej značky Dexron a to GM Type A, Suffix A, GM Dexron IID, Dexron IIE, Dexron III a nová ATF kvapalina Dexron VI. V prípade spoločnosti Ford sú to výrobky obchodnej značky Mercon a to napr. Ford Mercon V a Mercon SP. Kvapaliny pre automatické prevodovky, ATF (Automatic Transmission Fluids) majú v súčasnej dobe narastajúci trend čo sa týka ich spotreby a rozsahu použitia a to najmä v osobných automobiloch. Z toho dôvodu narastá aj záujem motoristickej verejnosti o informácie, ktoré súvisia s ich používaním a odporúčaním jednotlivých druhov v prevádzke automobilu. V porovnaní s motorovým olejom, kvapaliny pre automatické prevodovky nie sú vystavené takým náročným prevádzkovým podmienkam. Z dôvodu znečistenia nie je v nich prítomná žiadna pohonná látka, alebo kondenzačné produkty zo spaľovacieho priestoru v prípade prefukov, sadze a iné nežiaduce látky. Pozornosť však treba venovať najmä mechanickým nečistotám, ktoré vznikajú v prípade opotrebovania z trecích platničiek, prevodov a ložísk, ktoré sú prítomné v automatickej prevodovke. Treba však uviesť, že mnohé prevodovky majú filtráciu kvapaliny, a tak je zabezpečená jej čistota. Stáva sa, že napriek tomu v niektorých prípadoch nečistoty zostávajú v systéme (nižšia účinnosť filtrácie), cirkulujú, zvyšuje sa opotrebovanie a vtedy treba vykonať výmenu kvapaliny. Pre životnosť kvapaliny je rozhodujúca prevádzková teplota kvapaliny. V automatickej prevodovke vzniká trenie a trenie produkuje teplo. Najmä pri vyššom zaťažení prevodovky vzniká teplo a to zvyšuje prevádzkovú teplotu kvapaliny. Normálna prevádzková teplota kvapaliny je v rozsahu od 80 do 90 °C. Mnohé kvapaliny môžu však odolávať prevádzkovým teplotám okolo 90 °C a to až niekoľko tisíc kilometrov. Ak sa prevádzková teplota zvýši na 100 °C, tak životnosť kvapaliny veľmi klesá a to niekedy až na polovicu jej predpokladanej životnosti. Pri teplote okolo 150 °C

životnosť kvapaliny prudko poklesne a pri 200 °C nastáva samotná deštrukcia, degradácia kvapaliny počas niekoľkých minút.

Formulácia ATF kvapalín

Formulácii kvapalín ATF pre automatické prevodovky je venovaná rovnaká pozornosť ako, napr. olejom motorovým. Treba pripomenúť, že kvapaliny ATF sa používajú v iných prevádzkových podmienkach, ako oleje motorové. Napriek tomu samotné formulácie a obsah prísad je veľmi podobný. Treba uviesť, že kvapaliny pre automatické prevodovky patria medzi najkomplexnejšie mazivá čo do výberu základových olejov a jednotlivých druhov prísad. Zloženie bežných komerčných kvapalín ATF pozostáva približne zo 70 % základového oleja a 30 % prísad. Nové formulácie, (zloženie) ATF kvapalín v súčasnosti predstavujú 55 % prísad a 45 % základového oleja. Nové základové oleje majú poskytnúť požadovanú viskozitu ATF kvapalín. Vzhľadom na dané aplikačné požiadavky sa používajú najmä základové oleje podľa API skupiny II., III. a IV. (PAO). Kinematická viskozita základového oleja pri 100 °C je v rozsahu 5,5 až 6,5, alebo 6,8 až 7,8 cSt. V tomto prípade sa zohľadňujú požiadavky na nízko teplotné vlastnosti kvapalín, s cieľom minimalizovať straty pri čerpaní, čo má vplyv aj na spotrebu paliva. Na zlepšenie úžitkových vlastností ATF kvapalín sa používa 10, alebo viac druhov prísad. Ide najmä o tieto prísady:

- Prísady AW/EP – predlžujú životnosť prevodu
- Modifikátory trenia – upravujú trecie pomery a znižujú chvenie
- Antioxidanty – predlžujú životnosť kvapaliny
- Prísady na stabilitu tesnenia – zníženie úniku kvapaliny
- Detergentné a disperzantné prísady – udržiavajú čistotu a kontrolujú usadeniny
- Proti korózne prísady – kontrola korózie, hrdze
- Proti peniace prísady – zlepšujú hydraulickú funkciu kvapaliny

Pripomíname, že pri formulácii kvapalín ATF je rozhodujúci správny výber základového oleja a zloženie jednotlivých druhov prísad a ich vzájomná vyváženosť.

Výkonnosť a viskozitná klasifikácia pre mechanické prevodovky podľa API

Klasifikácia API má 6 výkonnostných tried a to triedy GL-1, 2, 3, 4, 5 a 6. Treba pripomenúť, že výkonnosť triedy GL-1, 2, 3 a 6 sú od roku 1995 neaktívne. Používajú sa najmä výkonnosť triedy:

- GL – 4 – pre kuželové mechanické prevodovky a hypoidné prevodovky pracujúce pri strednej ťažkej prevádzkových podmienkach
- GL – 5 – pre hypoidné prevodovky pracujúce pri vysokej, resp. nízkej rýchlosti a vysokom krútiacom momente

Viskozitná klasifikácia pre prevodové oleje podľa SAE J306/2005

Viskozitná trieda, SAE	Kin. viskozita pri 100 °C, mm ² .s ⁻¹		Teplota pre Dyn. viskozitu 150 000 mPas, °C, max.
	min.	max.	
70W	4,1		-55
75W	4,1		-40
80W	7,0		-26
85W	11,0		-12
80	7,0	<11,0	
85	11,0	<13,5	
90	13,5	<18,5	
110	18,5	<24,0	
140	24,0	<32,5	
190	32,5	<41,0	
250	41,0		

Treba upozorniť, že nedávno boli zavedené do používania nové viskozitné triedy a to SAE 110 a 190. Pre oleje automobilové prevodové a to pre mechanické prevodovky sa používajú aj viacstupňové viskozitné triedy, ako napr. SAE 80W-90, 85W-140.

Klasifikácia olejov automobilových motorových a prevodových je stále živá a preto treba mať prehľad o zmenách, ktoré nastanú v najbližšom období.

Nové požiadavky na prevodové oleje

V súčasnosti môžeme hovoriť o novej požiadavke na odporúčanie olejov motorových a prevodových pre hybridné vozidlá, resp. aj elektrické automobily. Všeobecne treba uviesť, že otáčky elektrického motora dosahujú hodnotu až 20 000 1/min, čo sa môže prejaviť na zvýšenom hluku, vibráciách a iné. Z toho vyplýva, že v prípade elektrických automobilov (motorov), ide hlavne o mazanie valivých ložísk a použitie vhodných plastických mazív pre uvedené prevádzkové podmienky. V našom prípade, ide teda o oleje prevodové pre elektrické vozidlá v ktorých sa nepoužíva konvenčná prevodovka s rôznymi prevodovými stupňami, ale stále tam existuje prevodovka (single speed transmission) a potrebný diferenciál, konečný prevod na pohon kolies vozidla.

Treba uviesť, že percentuálne je prenos sily na kolesa v prípade spaľovacích motorov cca 20 % a v prípade elektrického motora to výrazne narastie a to až na 80 %. Významne sa znížia straty trením, čo je výhoda. V tejto súvislosti treba rešpektovať aj samotný krútiaci moment, ktorý je charakteristický pre elektrické motory. Elektrický motor má významnú schopnosť a to, že je schopný aj pri nízkych otáčkach dodávať vysoký krútiaci moment, čo znamená, že zaťaženie prevodového systému a ložísk môže byť veľmi vysoké. Na obrázku č. 2 je uvedený pre určitú názornú predstavu prevodový mechanizmus elektrického automobilu.

Obrázok č.2



Mazanie ozubených prevodov, ako v tribotechnickej praxi je všeobecne známe, je zabezpečované rozstrekom oleja. Táto požiadavka pri nízkych, resp. žiadnych otáčkach môže byť veľký problém. Z tohto dôvodu, ako sa teraz uvádza na zabezpečenie správneho mazania ozubených prevodov sa odporúča používať na tento účel v elektrickom vozidle elektrické olejové čerpadlo. Elektrické čerpadlo je riadené, čím sa zabezpečuje potrebné množstvo a potrebný tok oleja pod tlakom do požadovaných častí prevodového systému, teda je nezávisle od rýchlosti otáčania ozubených prevodov. Okrem iného sa čerpadlo môže používať aj k odstráneniu prebytočného oleja s prevodovky. V tejto súvislosti treba uviesť, že pri výbere sortimentu prevodových olejov vzhľadom na tieto nové prevádzkové podmienky, ako sú napr. vyššie otáčky, zmena prevodových pomerov, výber a výskyt nových materiálov to vedie k tomu, že bude požiadavka na nižšie viskozitné triedy prevodových olejov. To znamená, že v týchto aplikačných prípadoch sa možno uplatnia ATF kvapaliny. Treba pripomenúť, že elektrické motory majú mnohé súčiastky a časti (vinutia) z medi (korózia) a to treba rešpektovať pri nových formuláciách automobilových mazív pre elektrické vozidlá.