

POVRCHY A POVLAKY S PARAMETRY PRO AUTOMOBILOVÝ PRŮMYSL

Autor: Ing. Zdeněk Hazdra

Studijní obor: Strojírenská technologie

Školitel: doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.

Školitel specialista: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

ÚVOD

Na základě doporučení během doktorského studia se tato práce zabývá problematikou rozšíření dosavadního poznání z oblasti tribologie se zaměřením na zjišťování a optimalizaci koeficientů tření povrchů strojírenských materiálů s ohledem na aplikace v automobilovém průmyslu. Disertační práce se zabývá problematikou tření a jeho vlivu na funkce komponent a zařízení v automobilovém průmyslu. Hlavně závislosti hodnot emisí, vytvořených vlivem pasivních odporů v jednotlivých částech automobilu.

CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

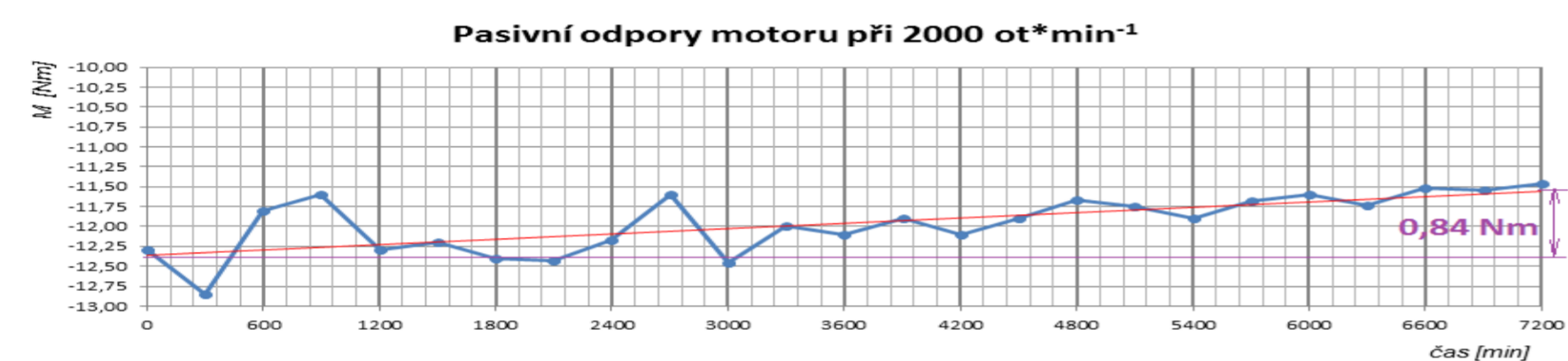
Hlavní cíle práce spočívají v navržení a provedení experimentů směřujících k nalezení energetických a ekologických úspor, v souladu s celosvětovou snahou udržitelného rozvoje a environmentálního uvědomování. Vzhledem k zaměření vědecko-výzkumné činnosti Ústavu strojírenské technologie též na problematiku tribologie, ale i vzhledem k aktuálnímu značnému zájmu technické veřejnosti o spolupráci v těchto oblastech strojírenství, především v automobilovém průmyslu, byly během mého doktorského studia hlavní cíle této práce stanoveny takto:

- Snížení pasivních odporů a emisí CO₂ spalovacích motorů netradičními způsoby na principu kompozitních nanočástic v mazivech.**
- Omezení rizik selhání šroubových spojů stanovením přesných hodnot koeficientů tření a jejich vlivu na předepnutí šroubu.**
- Zvýšení výkonů brzdových systémů optimalizací složení materiálů funkčních třecích ploch na základě přesně zjištěných tribologických parametrů jejich povrchů.**

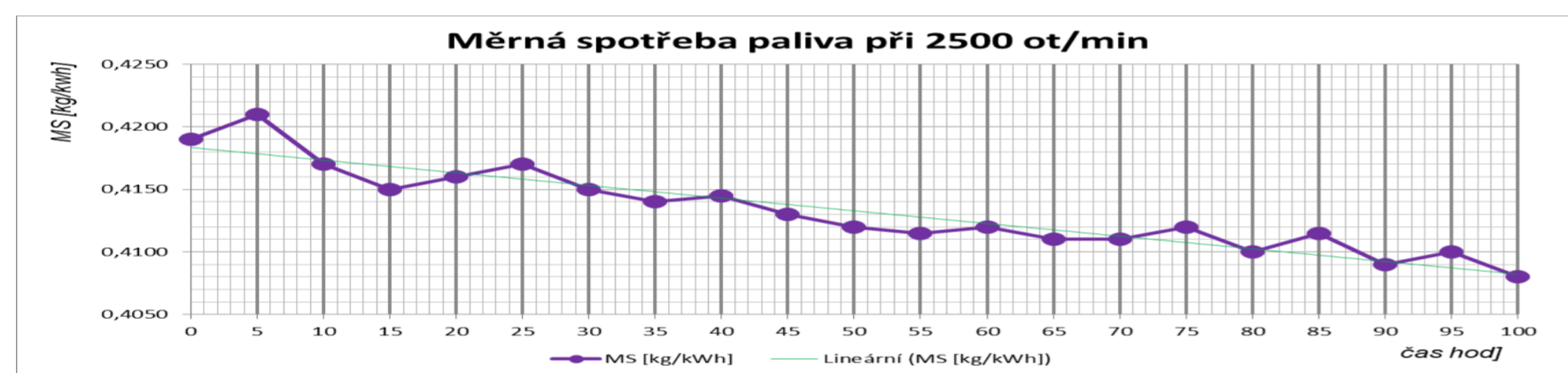
Všechny provedené etapy řešení doktorské práce směřovaly ke splnění těchto cílů vycházejících požadavků na nové přínosy a rozšíření potřebných vědeckotechnických poznání v tomto oboru.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

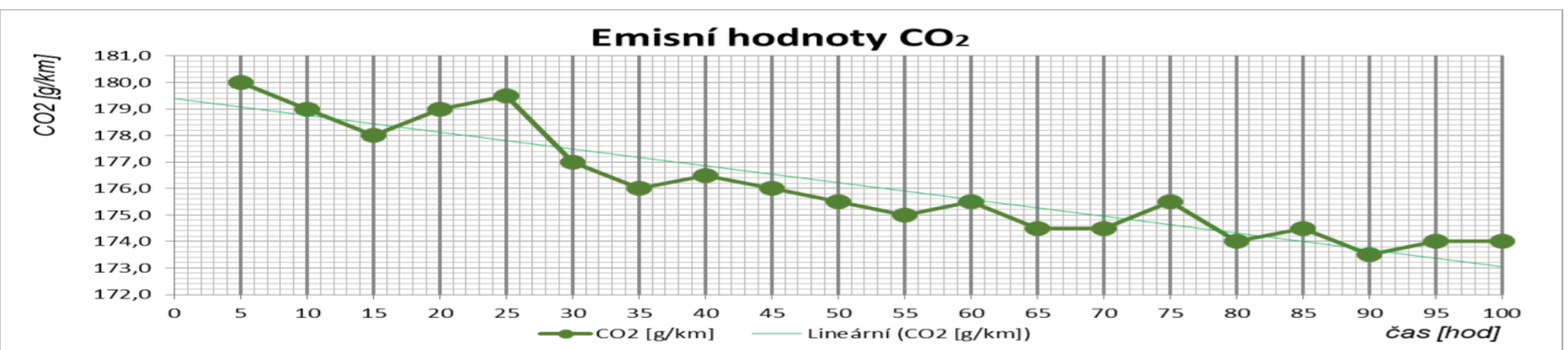
Představuje popis nejdůležitějších experimentů provedených ke splnění vytyčených cílů práce, tato měření navazují na řadu prováděných testů, které vymezily výše jednotlivých neprobádaných oblastí. Ke splnění prvního cíle vedlo zvolení vhodného aditivního prostředku do motorového oleje (technologie SVS), s kterým lze ošetřit povrch a renovovat povrchy funkčních ploch motorů bez jejich demontáže. Pro test byl vybrán atmosférický benzínový motor (1,4 MPi, 59 kW).



Obr. 1: Průběh pasivních odporů v motoru s přípravkem SVS



Obr. 2: Hmotná spotřeba paliva s přípravkem SVS

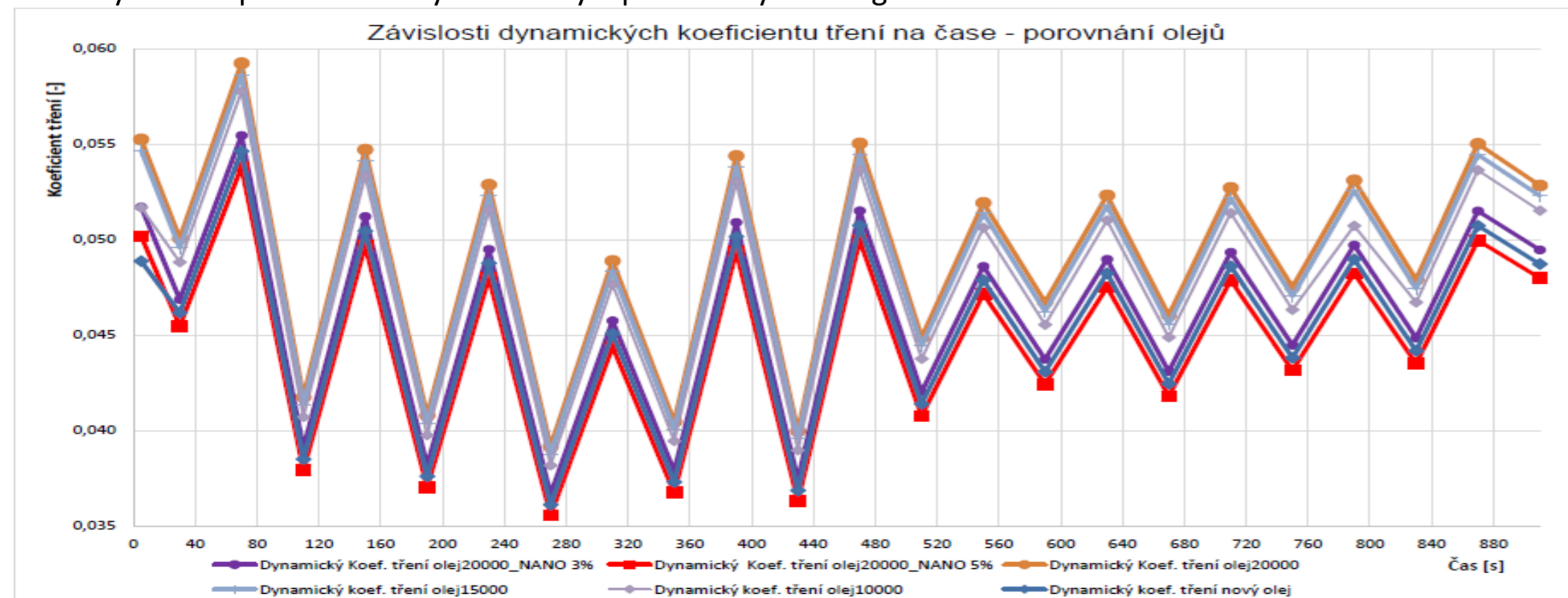


Obr. 3: Závislost emisí na čase testu, testovaný motor se zkoušeným aditivem v motorovém oleji 10W 40

Z uvedených grafických závislostí z testování spalovacího motoru aplikací prostředků SVS je patrný pozitivní vliv tohoto postupu na snížení emisí CO₂ cestou renovace třecích ploch, která má vliv na snížení spotřeby paliva. V diskuzi výsledků budou uvedena důležitá zjištění, na nichž závisí úspěšnost aplikací těchto prostředků. Pasivní odpory testovaného motoru, v průběhu času testu klesaly, jak je z naměřených hodnot patrné rozdílu poklesu odporu motoru při protáčení je přibližně 0,84 Nm. Pokles momentu koresponduje jak se snižující se spotřebou paliva (o 0,011 kg/kWh po 100 hodinách), tak i se snížením emisí CO₂.

OVLIVNĚNÍ VLASTNOSTÍ MOTOROVÉHO OLEJE

Pro měření závislosti koeficientů tření maziva s aditivem s vhodnými nanočásticemi byl zvolen běžný motorový olej 10W 40 a to po jeho zatížení v běžných provozních podmínkách. Tento olej byl použit ve vozidle Mercedes – Benz Sprinter 316 CDI (dodávkový s tonáží do 3,5 t), SPZ 3AR****, který je provozován denně u logistické firmy. Na počátku měření byla do motoru vozu aplikována nová náplň oleje a olejový filtr. Po ujetí 10 000 km byl odebrán vzorek použitého motorového oleje a ten byl přeměřen na tribometru, Tento postup se opakoval po najetých 5000 a 10000 ujetých kilometrech. Následně byl vzorek oleje z posledního najetého intervalu smíchán s aditivem na bázi IF WS₂ (nanočástice s wolframem a sírou) v poměru 3 % a 5 % aditiva na objem vzorku použitého oleje a také tyto dva upravené vzorky maziva byla podrobena tribologickému testu.



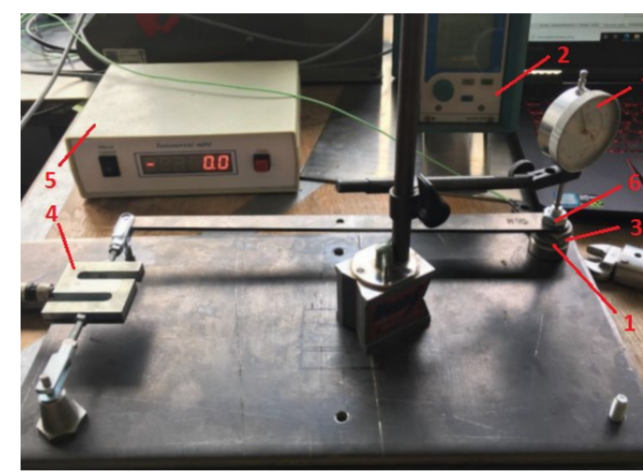
Obr. 4: Porovnání grafických závislostí dynamických koeficientů tření – porovnání olejů.

Technologie SVS je velice vhodná pro obnovení kluzných povrchů na jejich původní stav bez demontáže zařízení. Výhodou je renovace povrchů za provozu zařízení. Účile na všech funkčních pohyblivých třecích dvojicích jsou po několika hodinách optimalizovány do stavu, který je obtížně dosažitelný běžnými technologiemi dnes používanými. Výsledkem je renovace do původních či velmi se blízkých parametrů původním hodnotám. U renovovaných motorů i nových strojů vede ke zkvalitnění parametrů povrchů a snížení spotřeby paliva, respektive snížení emisí CO₂, což prokázala i provedená měření v této disertační práci. Nejdokonaleji využívá nanočástice a ještě menší částice příroda. Z atomů a molekul dokáže vytvořit složité sloučeniny, tvary i tvory schopné fungovat.

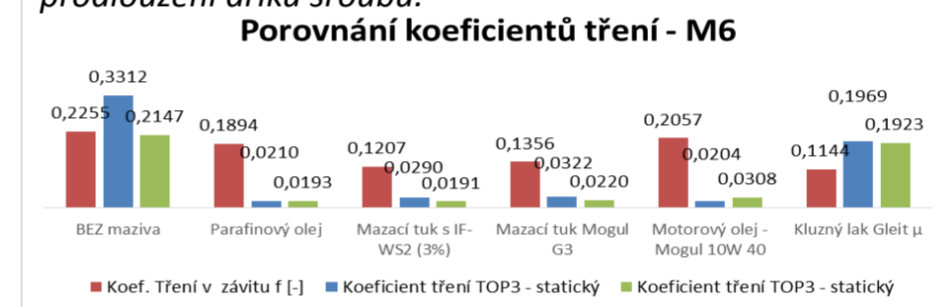
Díky pokročilým technologiím můžeme již těchto poznatků začít využívat i v běžném životě. Produkty vhodné pro aplikace v tribologii byly doposud používány pouze k vojenským a vesmírným projektům pro svoji vysokou cenu, ale i užžitnou hodnotou. Vhodným výběrem nano aditiv do všech typů maziv lze dosáhnout především snížení spotřeby energie, a tedy v návaznosti i ke snížení produktů emisí především CO₂ při výrobě a používání energií všech typů. Nanočástice na bázi fullerenu například IF-WS₂ o submikronové velikosti zlepšují vlastnosti olejů a maziv v molekulární oblasti, a tak řádově snižují hodnoty opotřebenosti. To dokazují i prezentovaná měření a jejich výsledky v experimentální části práce.

TRIBOLOGIE ŠROUBOVÝCH SPOJŮ

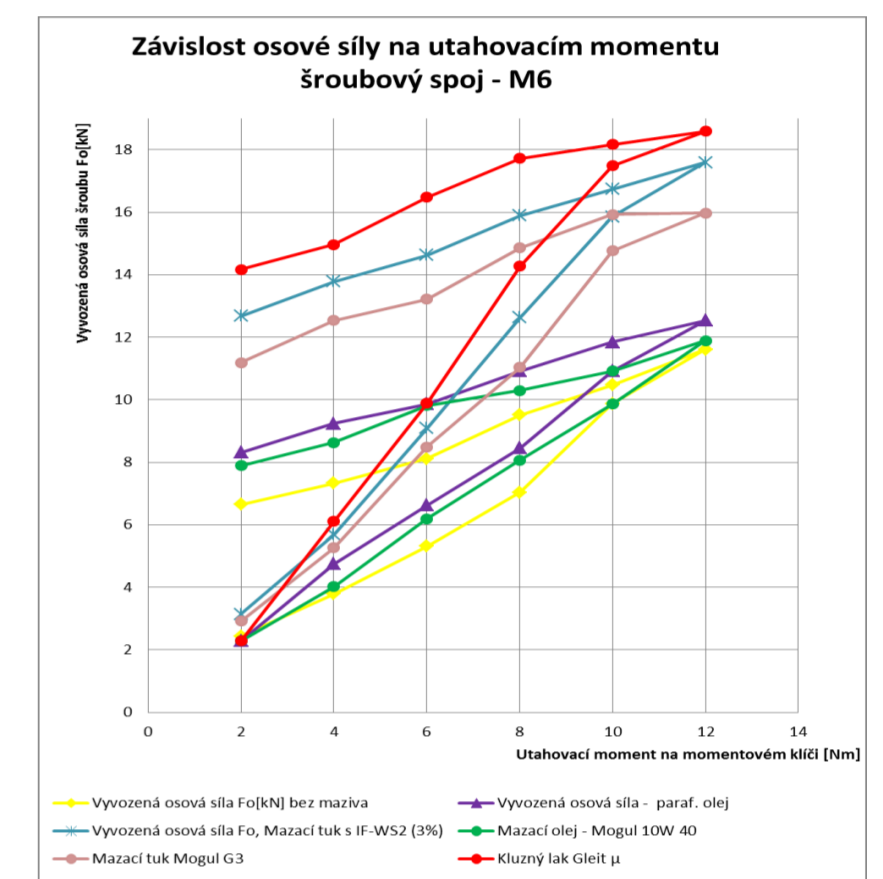
V následující části je pozornost věnovaná kromě testování tribologických parametrů maziv v oblasti šroubových spojů, především návrhu a realizaci zařízení pro měření závislosti osového optimálního předepnutí šroubového spoje na koeficientech tření v závitu, pod hlavou šroubu nebo pod maticí.



Obr. 5: Sestava zrealizovaného měřicího zařízení, včetně snímání prodloužení dráhy šroubu.



Obr. 6: Porovnání koeficientů tření naměřených na tribometru TOP 3 a na zařízení FV1.

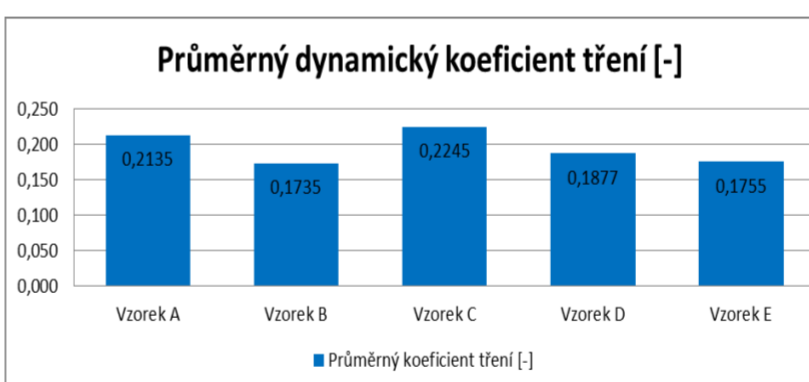


Obr. 5: Závislost osové síly na utahovacím momentu šroubu – závit M6

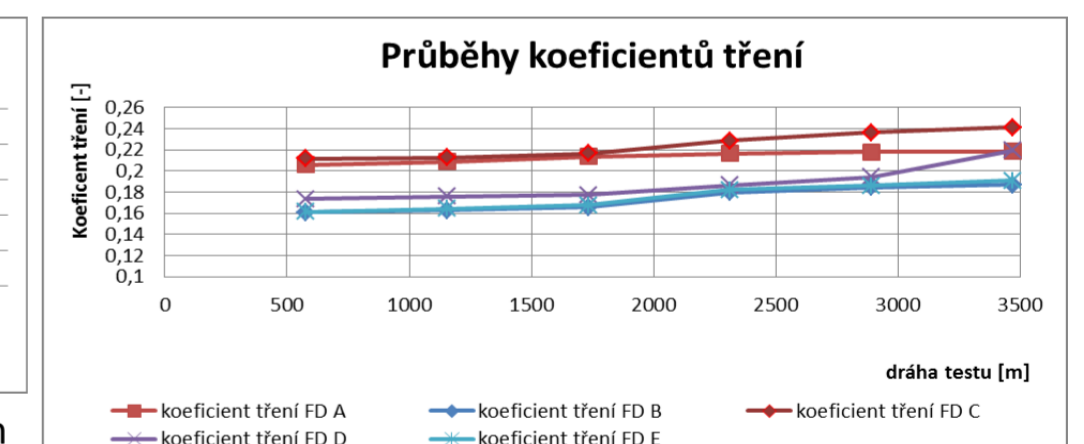
Tyto hodnoty koeficientu tření jsou zjištěny výpočtově z parametrů kroutících momentů a sil naměřených pomocí výše popsaného zařízení. [FV1] Jak je z grafu patrné nejvyšší hodnoty koeficientu tření vykazuje zkušební dvojice bez mazání, nejlepší hodnoty koeficientu tření jsou přiřazeny kluznému laku (0,11), avšak mazací tuk s nanočásticemi se k hodnotám laku velmi blíží. V procentuálním porovnání je koeficient tření u mazacího tuku s nanočásticemi IF-WS₂ jen o přibližně 9 % vyšší. U motorového oleje, koeficient tření nabývá hodnoty 0,21, což je v porovnání s kluzným lakem o 95,5 % vyšší.

BRZDOVÉ UZLY

Následně popsaná experimentální část je zaměřená na zjišťování a porovnávání tribologických vlastností materiálů. Hlavní těžiště spočívá ve sledování a zhodnocování třecích koeficientů, hmotnostních, rozměrových úbytků funkčních dvojic. Hlavní faktor, který má zásadní vliv na třecí vlastnosti a to hlavně na koeficient tření je materiál funkční třecí dvojice, dalším faktorem je drsnost povrchů, Dynamický součinitel smykového tření je zaznamenáván během pohybu funkčních ploch vůči sobě. Naměřené hodnoty shrnuje níže uvedený sloupcový graf.



Obr. 7: Porovnání hodnot dynamických koeficientů tření slitinových materiálů.



Obr. 8: Porovnání průměrných hodnot koeficientu tření, navržených materiálů.

SHRNUTÍ A ZÁVĚR

Z obecného pohledu nemusí špičkové parametry povrchů zajistit bezpečný provoz, či funkci definovanou hodnotami koeficientů tření. Má-li se vyhledat a určit optimální kombinace dvou povrchů je to možné pouze na základě věrohodných a odzkoušených parametrů povrchů za podmínek skutečného zatížení, nejrady na dostupném jednoduchém a přesně vypovídajícím zkušebním zařízení, ne pouze na základě, ale za podpory simulace či výpočtů. Neznamená to tedy především hledat pouze mezi zatím ověřenými kombinacemi z dostupných materiálů, ale pokusit se ověřit a využít nové možnosti, tak jak je věda a technika postupně objevuje a nabízí k aplikacím. Tato práce se pokusila přispět k posunutí poznání v tribologii s cílem snížení emisí CO₂ v automobilovém průmyslu těmito dvěma způsoby:

- Aplikací aditiv umožňujících obnovu původních vlastností povrchů (technologie SVS)
- Využití zcela nových vlastností nanočástic aplikovaných do maziva na bázi fullerenu (technologie s částicemi maziva sférických fullerenu disulfidu wolframu IF-WS₂.)

Nutnost omezení rizik v automobilovém průmyslu dokládají statistiky nehod, které uvádějí příčinu uvolnění šroubového spoje. Jen v USA se eviduje u 12 % nových vozů selhání související s povolením šroubového spoje. U starších vozů po servisní práci dokonce dvojnásobek, až 24 %. Nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím pevnost a spolehlivost šroubového spoje spočívá v optimální hodnotě předepínací síly. Tato síla, která je vyvozena kroutícím momentem při montáži, je však vyvozena pouze při správném a kontrolovaném koeficientu tření, na němž je přímo závislá. Jedním z cílů této práce bylo kvantifikovat vliv velikosti tření na optimální dotažení šroubu, a z toho důvodu navržení a realizace zkušebního zařízení, kterým lze snadno sledovat tribologické vztahy při používání šroubových spojů. Zařízení, které je klasifikováno jako „funkční vzor“ [FV1] je využíváno k testování maziv a jejich vhodné aplikace a je plně k dispozici k využití technickou veřejností. Vývoj i výroba kovokeramických materiálů patřily v Československu k velmi dobré světové úrovni. Zvyšující se rychlosti i přítláčné síly v uzlech tření způsobily značné zvýšení pracovních teplot, které vyžadují nové třecí materiály odlišných vlastností, připravených především cestou práškové metalurgie. Navíc ekologické uvědomování zastavilo používání řady materiálů, především z křemičitanů (osinek-azbest). Na dnes vyráběné prvky brzd, spojek, tlumičů jsou kladeny stále vyšší požadavky ze strany nejen automobilového průmyslu, ale i konstruktérů letadel, kolejových vozidel ale i třeba větrných elektráren.