

Hodnocení mechanických vlastností elastomerního těsnění pro palivové soustavy vystavené vlivu biopaliv

EVALUATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF ELASTOMER SEAL FOR FUEL SYSTEMS EXPOSED TO EFFECTS OF BIOFUELS

Miroslav Müller, Vladimír Šleger, Martin Pexa, Petr Valášek – Česká zemědělská univerzita v Praze

Snahou Evropské unie je omezit závislost členských států na palivech ropného původu. Z tohoto důvodu je věnována velká pozornost využívání bioproduktů jako náhrad či přísad do paliva ropného původu.

Biopaliva také patří mezi obnovitelné zdroje energie, tj. zdroje, které jsou člověku volně k dispozici a jejichž zásoba se obnovuje v časových měřítcích srovnatelných s jejich využíváním na rozdíl od fosilních paliv, které se vytvářely v rozpětí několika geologických období, ale mohou být vyčerpány již během několika desetiletí. To jsou mj. jednoznačné důvody pro používání biopaliv. Jejich využití představuje perspektivní alternativu po vyřešení negativních elementů provázejících tento druh paliv. Biopaliva je potřebné chápat jako jeden ze způsobů nahrazení paliv fosilních. Je však nezbytné hledat optimální varianty takového řešení.

V současné době patří mezi používaná biopaliva rostlinné oleje a jejich estery, bioetanol a butanol. K perspektivním biopalivům vhodným pro spalování ve vznětových motorech patří v České republice esterifikovaný rostlinný olej vyrobený z řepky olejné (MEŘO) a v zážehových motorech kvasný líh, neboli bioetanol vyrobený z materiálu rostlinného původu pomocí fermentačních reakcí. Bioetanol představuje více než 94 % světové produkce biopaliv. K jeho výrobě lze použít biomasu obsahující sacharidy nebo látky, které lze na sacharidy přeměnit.

Z hlediska využití bioetanolu hraje významnou úlohu palivo E85. Pro produkci bioetanolu jsou v Evropě hlavní surovinou pšenice a cukrová řepa. Cukrová řepa má ve srovnání s pšenicí pro výrobu bioetanolu několik výhod – dosahuje vyšších výnosů, má kratší vegetační dobu, lepší přizpůsobení většímu rozsahu klimatických podmínek a nižší požadavky na vodu a na hnojiva (1).

V současnosti je věnována značná pozornost využití biopaliva v motorech. Při implementaci biopaliv je nutné pro zajištění optimální funkce motoru sledovat i těsnicí elementy, které jsou součástí palivových soustav.

Jedna z hlavních materiálových skupin těsnicích elementů jsou elastomery. Elastomery vykazují dobrou pružnost a chemickou odolnost. Jedním ze základních a nejčastěji používaných těsnicích prvků je O-kroužek (2). Při jeho použití je velmi důležitý návrh vhodného materiálu pro danou aplikaci.

O-kroužek je dvojčinný těsnicí prvek. Stlačení při instalaci působící v radiálním nebo axiálním směru zajišťuje O-kroužku počáteční těsnicí schopnost. Tato síla zvýšená o sílu vyvozenou tlakem v systému tvoří výslednou těsnicí sílu (3). Ta může být eliminována vlivem různých paliv, elastomerní materiál není vůči palivům zcela rezistentní. Více či méně je možné očekávat změnu

mechanických vlastností, a to zejména působením biopaliv. Použití biopaliv tedy není ve spalovacích motorech zcela jednoduché vzhledem k různým vlastnostem dílčích součástí, nalézajících se nejen ve spalovacích motorech, ale i v dalších zařízeních, která jsou ve styku s palivem, tj. např. těsnicích elementů (4, 5, 6).

V automobilovém průmyslu jsou především používány těsnicí O-kroužky typu ACM (polyakrylátový elastomer). Jedná se o odolný elastomer.

U testování O-kroužků je problematické reprodukovat provozní podmínky (7). O-kroužky mají různé velikosti. Při testech je dosahováno rozdílných výsledků (2). Příkladem jsou výsledky tvrdosti, při kterých Bafna prokázal významnost rozměrového faktoru testovaných vzorků (2).

Cílem výzkumu bylo stanovit vliv biopaliv na změnu mechanických vlastností těsnicích O-kroužků typu ACM (polyakrylátový elastomer). Předmětem provedených experimentů byl O-kroužek o velikosti 13 × 1,9 mm a 22 × 2,4 mm. Důvodem testování dvou různých rozměrů O-kroužků bylo potvrzení nebo vyvrácení hypotézy o významnosti rozměrového faktoru. K vyhodnocení bylo využito metod statistiky. Jednalo se o využití Anova F-testu v hladině významnosti α 0,05.

Materiál a metody

K výzkumu byly použity těsnicí O-kroužky typu ACM (polyakrylátový elastomer), které jsou odolné vůči palivům, mazivům a různým dalším přísadám. Výzkum se zaměřil na hodnocení vlivu různých typů biopaliv na změnu mechanických vlastností těsnicích O-kroužků využívaných jako těsnicí prvek v palivové soustavě motorů automobilů a strojů. Zkoumané těsnicí O-kroužky byly uloženy v daném prostředí po dobu 18 měsíců.

Testovány byly výrobcem dodané těsnicí kroužky, které nebyly vystaveny degradačnímu prostředí (etalon, označeno 1). Testovanými variantami byla následující paliva a biopaliva: – methylester řepkového oleje – MEŘO 20% (označeno 2), směs obsahující 20 % methylesteru řepkového oleje a 80 % motorové nafty, – motorová nafta (označeno 3) – splňující předpis EN 590, – butol 60 : 40 (označeno 4) – směs obsahující 60 % butanolu a 40 % řepkového oleje, – E85 (označeno 5) – směs obsahující 85 % etanolu a 15 % benzínu natural 95, – butanol 100 % (označeno 6).

V rámci výzkumu elastomerních O-kroužků byla hodnocena změna hustoty, tvrdosti Shore A, trvalá deformace CS , pevnost v tahu a deformace.

Podstatným parametrem pro stanovení těsnicích vlastností je trvalá deformace CS . Důvodem je fakt, že stlačení vyvolává nejen pružnou deformaci, ale také plastickou deformaci pryžových O-kroužků. Trvalá deformace CS byla měřena dle modifikované normy ISO 815. Modifikace normy spočívala v použití reálných těsnicích kroužků a v době zatížení.

Měření bylo provedeno na univerzálním zkušebním stroji MPTest 5.050 české firmy LaborTech. Zařízení splňuje podle normy EN 7500-1 požadavky pro třídu 0,1. Přesnost použitého siloměru je 0,1 N, poloha příčnicku je zjištěna s přesností 0,001 mm.

Postup experimentu

O-kroužek $13 \times 1,9$ mm a $22 \times 2,4$ mm byl nejprve stlačen rychlostí $0,03 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ na výšku b_1 . U O-kroužku o rozměrech $13 \times 1,9$ mm se jednalo o hodnotu 1,425 mm a u O-kroužku $22 \times 2,4$ mm se jednalo o hodnotu 1,875 mm. Toto stlačení odpovídá cca 25% deformaci O-kroužku. Vlivu této deformace byl O-kroužek vystaven 30 min a potom byl opět rychlostí $0,03 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ odlehčen.

Výška O-kroužku b_0 byla určena z polohy příčnicku před strmým nárůstem deformační síly. Rychlost deformační síly byla $1 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$. Důvodem byl mírnější nárůst síly, který se objevil u některých O-kroužků v okamžiku, kdy došlo k dotyku tlačné desky. To bylo způsobeno nerovným tvarem těchto O-kroužků. Nerovnoměrný stav způsobilo vystavení O-kroužků biopalivům. Měření trvalé deformace O-kroužků je patrné z obr. 1. Výška b_2 byla určena z polohy příčnicku, kdy síla při odlehčení poklesla na nulu. Pak lze vypočítat hodnotu CS dle vzorce 1.

$$CS = \frac{b_0 - b_2}{b_0 - b_1} \quad (1),$$

kde: CS – trvalá deformace (–),

b_0 – původní výška O-kroužku (mm),

b_1 – výška ve stavu stlačení (mm),

b_2 – výška po uvolnění (mm).

Hustota byla stanovena na základě stanovení podílu hmotnosti a objemu. Hmotnost byla zjištěna vážením na analytických vahách (Analytical balance BBC-22 od německé firmy Boeco) s rozlišením 0,01 mg a zaokrouhlena na jednotky miligramů. Ke stanovení objemu byla použita nádobka s přesným objemem (pyknometr). Měření hmotnosti a objemu je v souladu s ČSN 621405:1992 Pryž – stanovení hustoty.

Tahové vlastnosti O-kroužků byly stanoveny podle modifikované normy ČSN ISO 37:2012 Pryž, vulkanizovaný nebo termoplastický elastomer – Stanovení tahových vlastností. Modifikace spočívala ve zkoušení již vyrobených O-kroužků.

Pevnost v tahu TS byla vypočtena dle vzorce 2. Maximální síla v tahu F_m byla zjištěna ze záznamu tahové zkoušky provedené na zkušebním stroji MPTest 5.050. Rychlost posuvu příčnicku byla $100 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$. K upnutí O-kroužků byly použity háčky z drátu kruhového průřezu o průměru 2,9 mm. Tažnost E_b byla vypočtena dle vzorce 3.

$$TS = \frac{F_m}{\left(\frac{2\pi b_0^2}{4}\right)} \quad (2),$$

kde: TS – pevnost v tahu (MPa),

F_m – maximální síla v tahu (N),

b_0 – původní výška O-kroužku (mm).

$$E_b = \frac{C_b - C_j}{C_j} \quad (3),$$

kde: E_b – tažnost (–),

C_b – koncový vnitřní obvod O-kroužku (mm),

C_j – počáteční vnitřní obvod O-kroužku (mm).

Počáteční vnitřní obvod O-kroužku C_j byl vypočten z vnitřního průměru O-kroužku, který byl zjištěn ze vzdálenosti háčků při tahové zkoušce, kdy začala narůstat měřená síla. Koncový vnitřní obvod O-kroužku C_b byl vypočten ze vzorce 4, kde 2,9 mm je průměr drátů háčků. Měření tahových vlastností O-kroužků je patrné z obr. 2.

$$C_b = \pi \cdot 2,9 + 2 \cdot 2,9 + 2 \cdot L_b \quad (4),$$

kde: C_b – koncový vnitřní obvod O-kroužku (mm),

L_b – vzdálenost háčků při přetržení O-kroužku (mm).

Tvrdoost Shore A byla měřena dle normy ČSN EN ISO 868. Tvrdoost materiálu byla měřena metodou Shore A, tj. vtačením hrotu přístroje durometr HPE-A. Měření tvrdosti dle ČSN EN ISO 868 metodou Shore A vyžaduje zkušební tělesa nejméně 4 mm vysoká. V případě, že těleso má menší výšku, je možné využití vložení více těles na sebe. Minimální výšku 4 mm O-kroužky nesplňovaly. Výška O-kroužku $13 \times 1,9$ mm byla změřena $1,91 \pm 0,02$ mm. Výška O-kroužku $22 \times 2,4$ mm byla změřena $2,19 \pm 0,01$ mm. Tento fakt vedl ke složení 4 O-kroužků ve speciálním přípravku pro měření tvrdosti eliminujícím příčný posuv (obr. 3).

Ke statistickému porovnání naměřených dat byl použit Anova F-test. Za nulovou hypotézu H_0 byl označen stav, kdy mezi jednotlivými porovnávanými soubory dat není z hlediska jejich středních hodnot statisticky významný rozdíl: $p > 0,05$. Variační koeficient je definován jako poměr směrodatné odchylky a aritmetického průměru. Využívá se pro stanovení kolísání hodnot měřeného znaku v jednotlivých souborech.

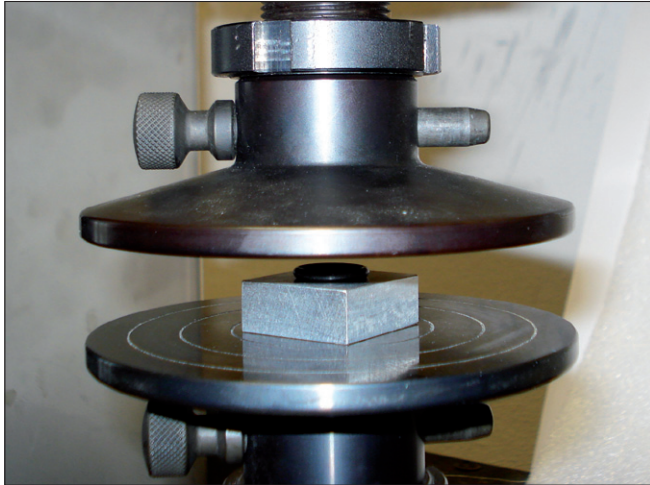
Výsledky

Výsledky zkoušek zaměřených na hodnocení hustoty jsou patrné z obr. 4. Z výsledků je zřejmé, že různá paliva mění hustotu O-kroužků. Rozdíl byl více jak 11 %.

Variační koeficient u jednotlivých testovaných variant různých paliv nepřesáhl 1,5 %. Z hlediska statistického testování je možné konstatovat, že se jedná o statisticky nehomogenní skupiny, tj. je rozdíl mezi testovanými palivy. U O-kroužků o rozměru $13 \times 1,9$ mm bylo $p = 0,0000$ a u rozměru $22 \times 2,4$ mm bylo $p = 0,0001$. Hypotéza H_0 nebyla potvrzena, tj. je rozdíl v hladině významnosti 0,05 mezi jednotlivými testovanými variantami experimentu. Při porovnání hustoty vůči etalonové variantě 1 došlo vždy k poklesu hustoty.

Statisticky nebyl prokázán rozdíl v hustotě mezi O-kroužky o rozměrech $13 \times 1,9$ mm a $22 \times 2,4$ mm u paliva č. 3 ($p = 0,3096$), č. 5 ($p = 0,4178$) a č. 6 ($p = 0,7998$). U paliva č. 2 ($p = 0,0136$) a č. 4 ($p = 0,0041$) byl prokázán vliv rozměru O-kroužku na změnu hustoty.

Obr. 1. Měření trvalé deformace O-kroužku



Výsledky zkoušek zaměřených na hodnocení pevnosti v tahu jsou patrné z obr. 5. Z výsledků experimentů je zřejmé, že různá paliva mění pevnost v tahu O-kroužků. Rozdíl pevnosti v tahu (pokles) v závislosti na typu paliva se pohyboval v intervalu od 3,5 do 30 %. Variační koeficient u jednotlivých testovaných variant různých paliv nepřesáhl 5,5 %.

Z hlediska statistického testování je možné konstatovat, že se jedná o statisticky nehomogenní skupiny, tj. je rozdíl mezi testovanými palivy. U O-kroužků o rozměru 13 × 1,9 mm i 22 × 2,4 mm bylo $p = 0,0000$. Hypotéza H_0 nebyla potvrzena, tj. je rozdíl v hladině významnosti 0,05 mezi jednotlivými testovanými variantami experimentu. Při porovnání pevnosti

v tahu vůči etalonové variantě 1 došlo vždy k poklesu. Pokles pevnosti v tahu u varianty č. 2 a 3 nepřekročil 10 % vůči etalonové variantě č. 1. U ostatních testovaných variant (č. 4, 5, 6) došlo k výraznému poklesu pevnosti v tahu, tj. v intervalu 20 až 30 % vůči etalonové variantě č. 1.

Z hlediska možného zobecnění závěrů na rozdílné rozměry těsnicích O-kroužků je podstatné, že nebyl statisticky prokázán rozdíl v pevnosti v tahu mezi O-kroužky o rozměrech 13 × 1,9 mm a 22 × 2,4 mm. Testovací parametr p Anova F-testu se pohyboval v intervalu 0,0871 až 0,9496.

Výsledky zkoušek zaměřených na hodnocení tažnosti O-kroužků jsou patrné z obr. 6. Z výsledků experimentů je zřejmé, že různá paliva snižují tažnost O-kroužků. Vzhledem k funkci těsnicích O-kroužků se jedná o negativní vliv. Variační koeficient u jednotlivých testovaných variant různých paliv nepřesáhl 8,5 %. U všech variant byl stanoven pokles tažnosti.

Z hlediska statistického testování je možné konstatovat, že se jedná o statisticky nehomogenní skupiny, tj. je rozdíl mezi testovanými palivy. U O-kroužků o rozměru 13 × 1,9 mm i 22 × 2,4 mm bylo $p = 0,0000$. Hypotéza H_0 nebyla potvrzena, tj. je rozdíl v hladině významnosti 0,05 mezi jednotlivými testovanými variantami experimentu. Při porovnání tažnosti O-kroužků vůči etalonové variantě 1 došlo vždy k poklesu, který se pohyboval v intervalu 11 až 45 %.

Z hlediska možného zobecnění závěrů na rozdílné rozměry těsnicích O-kroužků je podstatné, že nebyl statisticky prokázán rozdíl v tažnosti mezi O-kroužky o rozměrech 13 × 1,9 mm a 22 × 2,4 mm vystavených různým typům paliva. Testovací parametr p Anova F-testu se pohyboval v intervalu 0,2811 až 0,9319.

Výsledky zkoušek zaměřených na hodnocení trvalé deformace jsou patrné z obr. 7. Z výsledků experimentů je zřejmé,

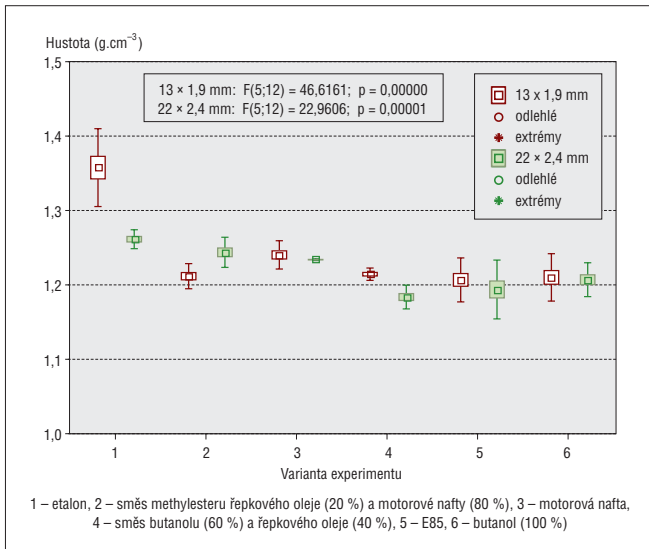
Obr. 2. Měření tahových vlastností O-kroužků



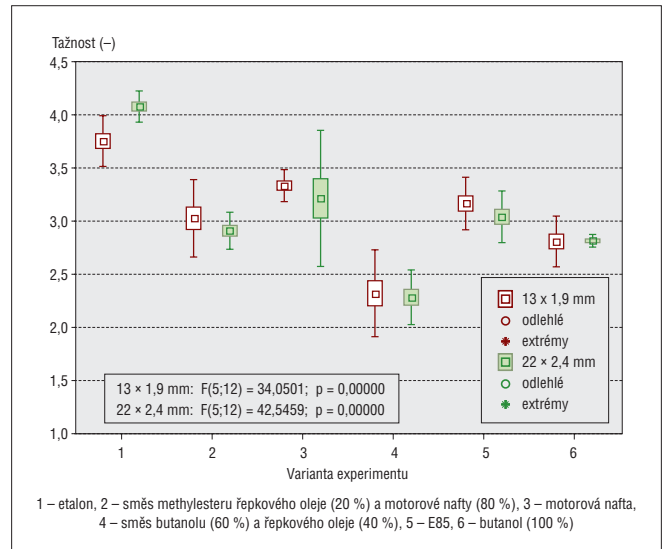
Obr. 3. Přípravek k měření tvrdosti Shore A O-kroužků



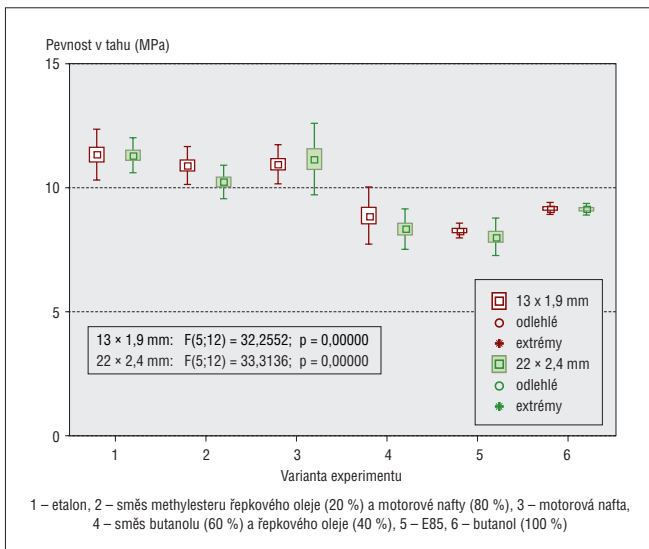
Obr. 4. Výsledky měření hustoty O-kroužků



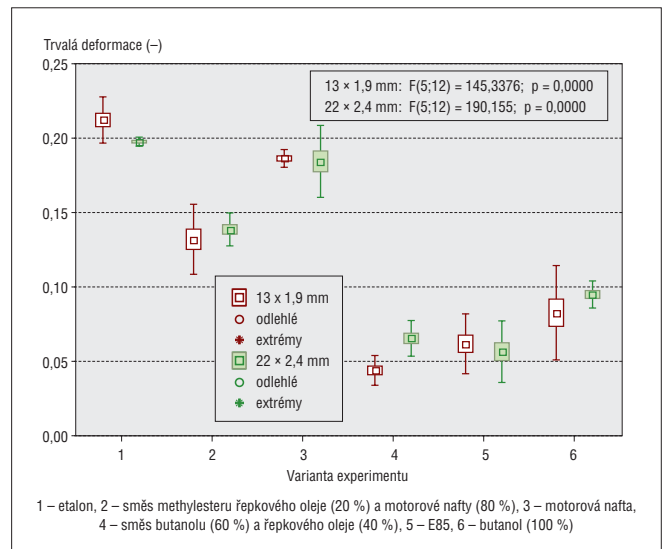
Obr. 6. Výsledky tažnosti O-kroužků



Obr. 5. Výsledky pevnosti v tahu O-kroužků



Obr. 7. Výsledky trvalé deformace O-kroužků



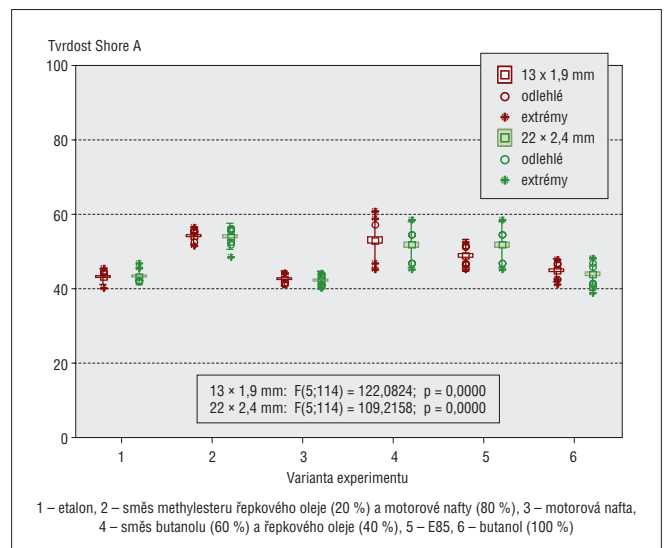
že různá paliva snižují trvalou deformaci O-kroužků. Vzhledem k funkci těsnicích O-kroužků se jedná o pozitivní vliv. V literatuře zabývající se pryžovými těsnicími elementy je uvedeno, že větší hodnoty trvalé deformace jsou značně negativní (8).

Při porovnání tažnosti O-kroužků vůči etalonové variantě č. 1 došlo vždy k poklesu trvalé deformace, který se pohyboval v intervalu 7 až 80 %.

Pokles trvalé deformace u varianty č. 3 byl 7 až 12 % a u varianty č. 2 byl 30–39 % vůči etalonové variantě č. 1. U ostatních testovaných variant (č. 4, 5, 6) došlo k výraznému poklesu trvalé deformace, tj. v intervalu 52 až 80 % vůči etalonové variantě č. 1. Obdobným chováním se vyznačovala také pevnost v tahu O-kroužků.

Variační koeficient u jednotlivých testovaných variant různých paliv nepřesáhl 15 %. Z hlediska statistického testování je možné konstatovat, že se jedná o statisticky nehomogenní skupiny, tj. je rozdíl mezi testovanými palivy. U O-kroužků o rozměru 13 x 1,9 mm i 22 x 2,4 mm bylo $p = 0,0000$. Hypotéza H_0 nebyla potvrzena, tj. je rozdíl v hladině významnosti 0,05

Obr. 8. Výsledky tvrdosti Shore A



mezi jednotlivými testovanými variantami experimentu. Z hlediska možného zobrazení závěrů na rozdílné rozměry těsnicích O-kroužků je podstatné, že nebyl statisticky prokázán rozdíl v trvalé deformaci mezi O-kroužky o rozměrech $13 \times 1,9$ mm a $22 \times 2,4$ mm vystavených palivům č. 2, 3, 5 a 6. Testovací parametr p Anova F-testu se pohyboval v intervalu 0,2674 až 0,7959. U paliva č. 4 ($p = 0,0088$) byl prokázán vliv rozměru O-kroužku na změnu trvalé deformace.

Výsledky zkoušek zaměřených na hodnocení tvrdosti Shore A jsou patrné z obr. 8. Z hlediska statistického testování je možné konstatovat, že se jedná o statisticky nehomogenní skupiny, to znamená, že je rozdíl mezi testovanými palivy. U O-kroužků o rozměru $13 \times 1,9$ mm bylo $p = 0,0000$ a u rozměru $22 \times 2,4$ mm bylo $p = 0,0000$. Hypotéza H_0 nebyla potvrzena, tj. je rozdíl v hladině významnosti 0,05 mezi jednotlivými testovanými variantami experimentu. Při porovnání tvrdosti Shore A vůči etalonové variantě 1 došlo k nárůstu tvrdosti u variant č. 2, 4, 5 a 6. Tvrdost se zvýšila o 1,5 až 26 %. Zvýšení tvrdosti těsnicího elementu je negativní. Pouze u varianty č. 3 (motorová nafta) došlo k poklesu tvrdosti Shore A v intervalu 1,3 až 2,6 %. Variační koeficient u jednotlivých testovaných variant různých paliv nepřesáhl 7 %.

Statisticky nebyl prokázán rozdíl v tvrdosti Shore A mezi O-kroužky o rozměrech $13 \times 1,9$ mm a $22 \times 2,4$ mm u všech testovaných variant, tj. varianta č. 1 $p = 0,6456$, varianta č. 2 $p = 0,7216$, varianta č. 3 $p = 0,2637$, varianta č. 4 $p = 0,2461$, varianta č. 5 $p = 0,2927$, varianta č. 6 $p = 0,1278$.

Závěr

Z výsledků experimentů zaměřených na stanovení změn mechanických vlastností těsnicích O-kroužků typu ACM vlivem různých médií (motorových paliv) je možno stanovit následující závěry:

V závislosti na typu paliva došlo k snížení hustoty v intervalu cca 1,5 až 11 %.

V závislosti na typu paliva byl pokles pevnosti v tahu v intervalu od 3,5 do 30 %. Významný pokles pevnosti v tahu byl u paliva č. 4 (směs obsahující 60 % butanolu a 40 % řepkového oleje) a č. 5 (E85).

V závislosti na typu paliva byl pokles tažnosti v intervalu od 11,5 do 45 %. Významný pokles tažnosti byl u paliva č. 4, tj. směs obsahující 60 % butanolu a 40 % řepkového oleje.

V závislosti na typu paliva byl pokles trvalé deformace v intervalu od 7 do 80 %. Významný pokles trvalé deformace byl u paliva č. 4 (směs obsahující 60 % butanolu a 40 % řepkového oleje), č. 5 (E85) a č. 6 (butanol 100 %).

V závislosti na typu paliva došlo ke zvýšení tvrdosti Shore A v intervalu 1,5 až 26 %. Mimo paliva č. 3 (motorová nafta), kde došlo k poklesu tvrdosti Shore A až o 2,6 %.

Z výsledků je zřejmé, že testovaná paliva působí negativně na funkčnost těsnicích O-kroužků. Zejména se jedná o paliva č. 4 (směs obsahující 60 % butanolu a 40 % řepkového oleje), č. 5 (E85) a č. 6 (butanol 100 %).

Minimální negativní vliv na testované vlastnosti těsnicích O-kroužků měla motorová nafta (palivo č. 3) splňující předpis EN 590.

Podstatným závěrem je rovněž, že statisticky nebyl prokázán rozdíl ve většině testovaných vlastností mezi těsnicími O-kroužky o rozměrech $13 \times 1,9$ mm a $22 \times 2,4$ mm.

Při hodnocení využití biopaliv ve spalovacích motorech je třeba hodnotit problematiku komplexně. Pro zajištění funkčnosti palivové soustavy je nutné mít funkční těsnicí elementy, tj. O-kroužky. Použití biopaliv v běžných spalovacích motorech však není jednoduché vzhledem k odlišným vlastnostem těchto produktů, zejména co se týče degračních aspektů působících na elastomerní těsnicí elementy. Cílem výzkumu bylo stanovit vliv biopaliv na změnu mechanických vlastností těsnicích O-kroužků typu ACM (polyakrylátový elastomer). Předmětem provedených experimentů byly O-kroužky o velikosti $13 \times 1,9$ mm a $22 \times 2,4$ mm. V rámci výzkumu byla hodnocena změna hustoty, tvrdosti Shore A, trvalá deformace, pevnost v tahu a deformace po expozici v testovaném prostředí po dobu 18 měsíců. Minimální negativní vliv na testované vlastnosti těsnicích O-kroužků měla motorová nafta splňující předpis EN 590. Negativně na funkčnost těsnicích O-kroužků působí zejména směs obsahující 60 % butanolu a 40 % řepkového oleje, palivo E85 a butanol 100 %.

Klíčová slova: biopalivo, elastomer, mechanické vlastnosti, O-kroužek.

Literatura

- KUMBÁR, V.; POLCAR, A.; VOTAVA, J.: Fyzikální a mechanické vlastnosti směsi bioetanolu a benzínu. *Listy cukrov. řepář.*, 131, 2015 (3), s. 112–115.
- BAFNA, S.: Factors Influencing Hardness and Compression Set Measurements on O-rings. *Polymer – Plastics Technology and Engineering*, 52, 2013 (11), s. 1069–1073.
- MÜLLER, M. ET AL.: Evaluation of stability of elastomer packing exposed to influence of various biofuels. *Agronomy Research*, 13, 2015 (2), s. 604–612.
- BARRIOS, C. C. ET AL.: Effects of animal fat based biodiesel on a TDI diesel engine performance, combustion characteristics and particle number and size distribution emissions. *Fuel*, 117, 2014, s. 618–623.
- IMRAN, S. ET AL.: Performance and specific emissions contours of a diesel and RME fueled compression-ignition engine throughout its operating speed and power range. *Applied Energy*, 111, 2013, s. 771–777.
- PEXA, M.; MAŘÍK, J.: The Impact of biofuels and technical condition to its smoke – Zetor 8641 Forterra. *Agronomy Research*, 12, 2014 (2), s. 367–372.
- RIGHTER, B.: Evaluation of stability tests for elastomeric materials and seals. *Int. Polymer Sci. and Technol.*, 41, 2014 (5), s. 1–5.
- TUCKNER, P.: Compression stress relaxation testing – Comparisons, methods, and correlations. *SAE Technical Papers*, 2001.

Müller M., Šleger V., Pexa M., Valášek P.: Evaluation of Mechanical Properties of Elastomer Seal for Fuel Systems Exposed to Effects of Biofuels

When evaluating the use of biofuels in combustion engines it is necessary to perform a comprehensive evaluation of the given issue. It is necessary to have functional seal elements, i.e. O-rings, to ensure functionality of the fuel system. Using biofuels in common combustion engines, however, is not simple due to the different properties of these products, namely in relation to the degradation aspects affecting the elastomer seal elements. The aim of the research was to determine the effect of biofuels on the change of mechanical properties of sealing O-rings, type ACM (polyacrylate elastomer). The subjects of the performed experiments were O-rings of sizes $13 \times 1,9$ mm and $22 \times 2,4$ mm. The experiment evaluated the change of density, hardness Shore A, permanent deformation, tensile strength

MÜLLER a spol.: Hodnocení mechanických vlastností elastomerního těsnění pro palivové soustavy vystavené vlivu biopaliv

and deformation after 18-month exposure in the tested environment. The minimum negative influence on the tested properties of the sealing O-rings was discovered in diesel oil complying with the EN 590 standard. The functionality of the sealing O-rings is negatively

affected mainly by the mixture containing 60% of Butanol and 40% of rape-seed oil, E85 fuel, and Butanol 100%.

Key word: biofuels, elastomer, mechanical properties, O-ring.

Kontaktní adresa – Contact address:

doc. Ing. Miroslav Müller, Ph. D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra materiálu a strojírenské technologie, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, Česká republika, e-mail: muller@tf.czu.cz