

Chemické složení částic a plynů a genotoxicita emisí zážehových a dieselových motorů

Pavel Mikuška¹, Kamil Křůmal¹, Pavel Coufalík¹, Michal Vojtíšek-Lom², Vít Beránek², Jitka Štolcpartová³, Jan Topinka³, Zbyněk Večeřa¹

¹ Ústav analytické chemie AV ČR, v.v.i., Brno

² Centrum vozidel udržitelné mobility, Fakulta strojní, ČVUT Praha, Roztoky u Prahy

³ Ústav experimentální medicíny AV ČR, v.v.i., Praha
e-mail: mikuska@iach.cz, tel.: 532290167

Souhrn

Chemické složení částic a plynných sloučenin v emisích zážehového motoru závisí na provozním režimu a způsobu vzniku palivové směsi. Emise částic (jak hmotnostní, tak zejména početní koncentrace částic) byla výrazně vyšší u motoru s přímou tvorbou směsi (motor DISI) než u motoru s nepřímou tvorbou směsi (MPI). Emise byly ovlivněny provozním režimem i použitým palivem. Experimenty s dieselovým motorem zatím nejsou plně vyhodnoceny.

Klíčová slova: zážehový motor, dieselový motor, emise, biopaliva

Summary

Chemical composition of particles and gaseous compounds in emissions of spark-ignition engine depends on operation cycle and the method of formation of the fuel mixture. Particulate emissions (both particle mass and especially particle number concentration) were significantly higher at engine with the direct formation of mixture (engine DISI) than at engine with indirect formation of the mixture (MPI), and were affected both by the operating conditions and by the fuel used. Experiments with diesel engine are not yet fully evaluated.

Keywords: spark-ignition engine, diesel engine, emission, biofuels

Úvod

Jemné prachové částice emitované z automobilů jsou v současnosti považovány za hlavní zdroj znečištění v městském prostředí. Množství a složení částic závisí na použitém palivu, mazacím oleji a technologii vozidla (Spencer, 2006). Kromě částic obsahují automobilové emise i mnoho plynných sloučenin. Složení výfukových plynů z automobilů poháněných klasickými palivy je předmětem dlouhodobého zájmu mnoha studií, avšak počet prací zabývajících se složením výfukových plynů z automobilů poháněných alternativními biopalivy je omezený. Analýza procesu spalování klasických paliv a biopaliv naznačuje změnu ve složení výfukových plynů a s největší pravděpodobností také odlišná rizika pro lidské zdraví při používání paliv s různým složením (Ußner and Müller-Langer, 2009).

V rámci celého projektu jsme porovnávali chemické složení emisí (plynné sloučeniny, částice) a genotoxicitu emisí benzínových (zážehových) a dieselových (vznětových) motorů. Při testech jsme používali rozdílná paliva a různé provozní režimy.

Experimentální část

Měření probíhalo ve VTP v Roztokách. U benzínových motorů byla testována 2 vozidla s rozdílným způsobem tvorby benzínové směsi. Jedno vozidlo mělo benzínový motor s přímou tvorbou směsi (známý jako motor s přímým vstřikem, DISI), druhé mělo motor s nepřímým vstřikem (vstřik do sání, multipoint injection, MPI). Jako reprezentant automobilu s motorem s přímým vstřikem (DISI) byl použit Ford Focus. Autem reprezentujícím motor s nepřímým vstřikem byla Škoda Fabia s vícebodovým nepřímým vstřikem paliva (MPI). Kromě benzínových motorů jsme testovali i dieselový motor Iveco.

Výfukové zplodiny z motorů byly odváděny do plnoprůtokového ředicího tunelu s konstantním průtokem, kde se smísily s filtrovaným okolním vzduchem. Z tohoto tunelu byly odebírány vzorky pro následující měřicí zařízení:

- analyzátory pro měření plynných emisí z motorů
- klasifikátor částic
- vysokoobjemové vzorkovače částic: DH-77 (Digitel, průtok vzduchu 30 m³/h) vzorkující na filtry s křemennými vláknovými filtry (Whatman QM-A), a EcoTech 3000 (68 m³/h), vzorkující na filtry z vláken z borosilikátového skla (Pall TX40HI20-WW)

Křemenné filtry byly analyzovány na obsah organických sloučenin. Analýza zahrnovala extrakci filtrů směsí dichlormethan-hexan (1:1) a poté s dichlormethanem, frakcionaci na koloně s oxidem hlinitým a GC-MS analýzu. Část filtrů byla analyzována na obsah organického (OC) a elementárního (EC) uhlíku. Emise navzorkované na borosilikátové filtry byly použity pro testy genotoxicity.

Výsledky a diskuse

V emisích dieselového motoru Iveco i obou benzínových vozidel byly z plynných sloučenin analyzovány oxidy dusíku, CO, CO₂ a suma uhlovodíků. Analýza organických sloučenin vázaných na částice frakce PM1 nebo PM2,5 byla zaměřena na toxické sloučeniny (tj., polyaromatické uhlovodíky (PAHs), nitro-PAHs), molekulové markery emisí z dopravy (tj., hopany, sterany, alkany, acyklické isoprenoidy) a EC a OC. Výsledky jsou předběžně ilustrovány na 2 grafech. Obr. 1 znázorňuje koncentrace PAHs, alkanů, isoprenoidů (pristan a fytan), hopanů a steranů (vše jako suma, ng/mg) v částicích z emisí vozu Ford-Focus během různých provozních režimů. Obr. 2 srovnává koncentrace stejných sloučenin v částicích z emisí vozu Škoda-Fabia pro rozdílná paliva během WLTP cyklu s teplým startem.

Výsledky experimentů s dieselovým motorem jsou zatím stále ve stadiu vyhodnocování. Předběžné výsledky indikují nižší obsah organických sloučenin, EC i OC v emisích biopaliv ve srovnání s emisemi z klasické nafty.

Výsledky genotoxicity, tj. DNA aduktů indukovaných organickými extrakty z pevných emisí u testovaných paliv, ukazují, že benzínové emise jsou při použití stejné dávky extraktů genotoxičtější, ale hmotnost částic benzínových emisí na kg paliva je výrazně nižší než u dieselových emisí.

Detailní výsledky budou presentovány.

Závěr

Chemické složení částic a plynných sloučenin v emisích benzínového motoru závisí na provozním režimu, způsobu tvorby palivové směsi a použitým palivu. Emise částic (jak hmotnostní koncentrace, tak zejména početní koncentrace částic) byly u motoru s přímou tvorbou směsi (motor DISI) výrazně vyšší než u motoru s nepřímou tvorbou směsi (MPI).

Předběžné výsledky analýzy emisí dieselového motoru indikují menší obsah organických sloučenin, EC i OC v emisích biopaliv ve srovnání s emisemi z klasické nafty.

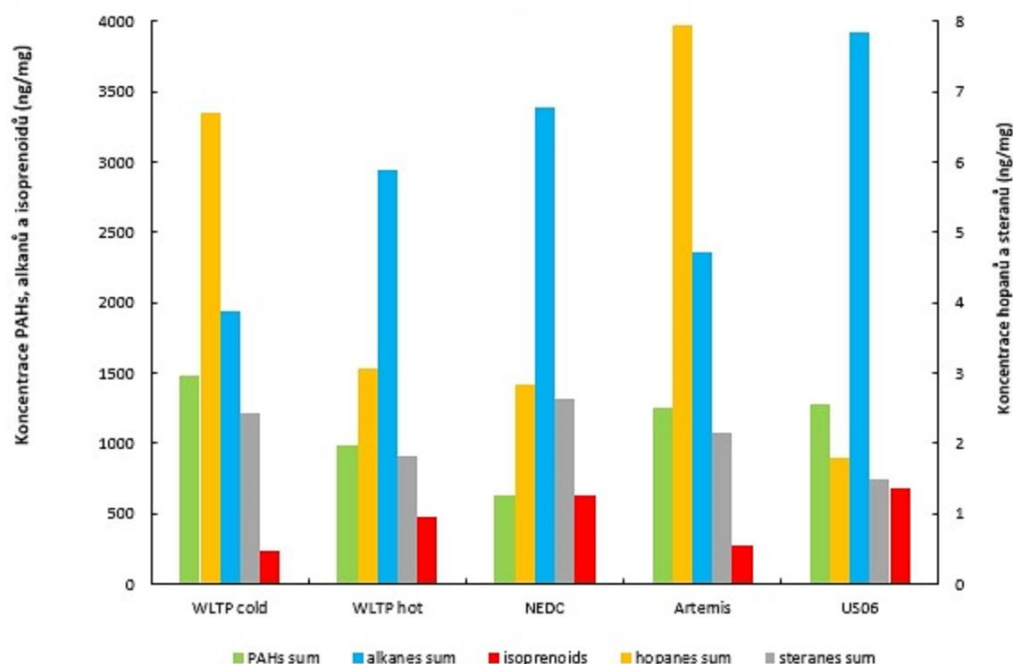
Poděkování

Tato práce byla podporována grantem GA ČR č. P503/13/1438S a č. P503/14/25558S a výzkumným záměrem Ústavu analytické chemie AV ČR, v.v.i., č. RVO: 68081715.

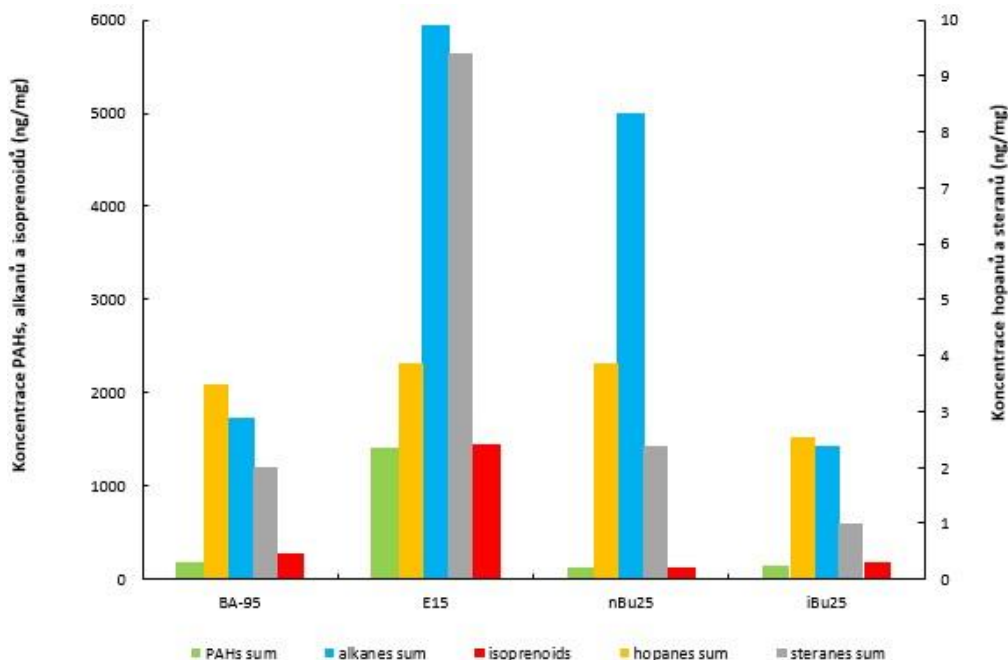
Literatura

- Spencer M.T, Shields G.L., Sodeman D.A., Toner S.M., Prather K.A., Comparison of oil and fuel particle chemical signatures with particle emissions from heavy and light duty vehicles, *Atmospheric Environment* 40, 5224–5235 (2006).
- Ußner M., Müller-Langer F., Biofuels today and tomorrow: effects of fuel composition on exhaust gas emissions, *Accreditation and Quality Assurance* 14, 685–691 (2009).

Obr. 1 Srovnání koncentrace organických sloučenin (ng/mg) vázaných na částice PM2.5 v emisích vozidla Ford-Focus pro různé provozní cykly.



Obr. 2 Koncentrace organických sloučenin (ng/mg) vázaných na částice PM2.5 v emisích vozidla Škoda-Fabia pro rozdílná paliva během WLTP cyklu s teplým startem.



Texty příspěvků je třeba zaslat do 15. února 2016 na adresu prochazka@cemc.cz.