



Tento výukový materiál je autorským dílem, které je chráněno autorským právem VŠCHT Praha.

Některé části výukového materiálu vycházejí z autorských děl třetích osob, která VŠCHT Praha užívá pro účely výuky svých studentů na základě zákonné licence.

Obsah tohoto výukového materiálu je určen výlučně pro výuku studentů VŠCHT Praha.

Obsah výukového materiálu nesmí být rozmnožován, zaznamenáván, napodobován, publikován ani jinak rozšiřován bez písemného souhlasu majitele autorských práv.

Autorské právo neporušuje ten student VŠCHT Praha, který výlučně pro svou osobní potřebu zhotoví záznam či napodobeninu díla nebo užije dílo jiným způsobem, který dle zákona autorské právo neporušuje.

© VŠCHT Praha 2020

Laboratorní práce č. 11: Bezpečné nakládání s hořlavinami – bod vzplanutí, bod hoření a rychlost hoření

Cíl práce:

Cílem práce je seznámení se s charakteristikami hořlavých látek. Hořlavé a vysoce hořlavé kapaliny jsou přítomny téměř na každém pracovišti či v domácnosti. Pohonné hmoty a další produkty jako jsou např. rozpouštědla, ředidla, čistidla, lepidla, nátěrové hmoty, vosky a leštidla mohou být hořlavé nebo zápalné. Každý, kdo pracuje s hořlavinami, si musí být vědom jejich rizik a způsobů bezpečného nakládání a práce s nimi.

Teoretický úvod

Hořlaviny a výbušné látky

Hořlaviny se do r. 1998 dělily podle skupenství do tří tříd na pevné, kapalné a plynné. Důležitou charakteristikou hořlavé látky byla teplota vzplanutí, tj. nejnižší teplota, na kterou musí být látka zahřáta, aby při přiblížení k plamenu vzplanula.

V polovině roku 1998 byl vydán nový zákon ČR o chemických látkách a chemických přípravcích č. 157/1998 Sb., který uvádí naše dosavadní zákonná ustanovení do souladu se zákony Evropské unie.

Nebezpečné chemické látky a chemické přípravky jsou klasifikovány jako

a) výbušné, které mohou exotermně reagovat i bez přístupu kyslíku za rychlého vývinu plynu, nebo u nichž dochází při definovaných zkušebních podmínkách k detonaci a prudkému shoření nebo které při zahřátí vybuchují, jsou-li umístěny v uzavřené nádobě,

b) oxidující, které při styku s jinými látkami, zejména hořlavými, vyvolávají vysoce exotermní reakci,



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání





c) extrémně hořlavé, které v kapalném stavu mají teplotu vzplanutí nižší než 0 °C a teplotu varu nižší než 35 °C nebo které v plynném stavu jsou vznětlivé při styku se vzduchem za normální (laboratorní) teploty, normálního (atmosférického) tlaku a bez přívodu energie,

d) vysoce hořlavé, které a. se mohou samovolně zahřívat a poté vznítit při styku se vzduchem za normální (laboratorní) teploty, normálního (atmosférického) tlaku a bez přívodu energie, b. se mohou v pevném stavu snadno vznítit po krátkém styku se zápalným zdrojem a po odstranění zápalného zdroje dále hoří nebo doutnají, c. mají v kapalném stavu teplotu vzplanutí nižší než 21 °C a nejsou extrémně hořlavé, d. při styku s vodou nebo vlhkým vzduchem uvolňují vysoce hořlavé plyny v množství nejméně 1 dm³.kg⁻¹.hod⁻¹,

e) hořlavé, které mají teplotu vzplanutí v rozmezí od 21 °C do 55 °C

f) vysoce toxické, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou i ve velmi malém množství způsobit akutní nebo chronické poškození zdraví nebo smrt,

g) toxické, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou i v malém množství způsobit akutní nebo chronické poškození zdraví nebo smrt,

h) zdraví škodlivé, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou způsobit akutní nebo chronické poškození zdraví nebo smrt,

i) žíravé, které při styku s živou tkání mohou způsobit její zničení,

j) dráždivé, které nemají vlastnosti žíravin, ale při přímém dlouhodobém nebo opakovaném styku s kůží nebo sliznicí mohou vyvolat zánět,

k) senzibilizující, které po vdechnutí nebo proniknutí kůží mohou vyvolat přecitlivělost tak, že po delší expozici vznikají charakteristické příznaky,

l) karcinogenní, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou vyvolat nebo zvýšit četnost výskytu rakoviny,

m) mutagenní, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou vyvolat nebo zvýšit četnost výskytu genetických poškození,

n) toxické pro reprodukci, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou vyvolat nebo zvýšit četnost výskytu nedědičných poškození potomků, poškození reprodukčních funkcí nebo schopnosti reprodukce muže nebo ženy,

o) nebezpečné pro životní prostředí, které po proniknutí do životního prostředí představují nebo mohou představovat okamžité nebo opožděné nebezpečí.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



Požárně technické charakteristiky hořlavých látek

Při praktickém posuzování požárního nebezpečí hořlavých látek přihlížíme k vlastnostem, které látky vykazují při některých chemicko-fyzikálních zkouškách. Kromě bodu varu, měrné hmotnosti, rozpustnosti ve vodě, které nám často pomáhají určit vhodný hasební prostředek, je třeba mít na zřeteli teplotu vzplanutí, teplotu hoření, teplotu vznícení, oblast výbušnosti, teplotu samovznícení, teplotu žhnutí a výhřevnost. Současně je třeba přihlídnout k tomu, zda se nejedná o látku, která je oxidačním prostředkem nebo má sklon k samovznícení.

1. Teplota vzplanutí

Teplotou vzplanutí se rozumí nejnižší teplota, při které hořlavá látka za normálního tlaku vyvine tolik hořlavých par, že tyto ve směsi se vzduchem při krátkodobém přiblížení přesně definovaného otevřeného plaménku krátce vzplanou, ale dále nehoří.

Při teplotách pod teplotou vzplanutí není možné zapálení, protože tlak par látky je příliš malý k tomu, aby se vytvořily zápalné směsi par se vzduchem. To však neznamená, že při teplotách pod teplotou vzplanutí neexistují nebezpečí požáru. Zdrojem zapálení může být látka velmi rychle zahřátá na svou teplotu vzplanutí.

Teplota vzplanutí látky se stanoví metodou „otevřeného nebo uzavřeného kelímku“. Při používání těchto hodnot je třeba vzít v úvahu, že hodnoty teplot vzplanutí stanovené v otevřeném kelímku bývají o 5 - 20 °C výše než teploty vzplanutí stanovené metodou uzavřeného kelímku. Z tohoto důvodu je nutné hodnoty stanovené metodou otevřeného kelímku považovat pouze za orientační.

2. Teplota hoření

Teplota hoření je nejnižší teplota hořlavé látky, při níž se tvoří tolik hořlavých par, že se tyto páry při přiblížení otevřeného plaménku vznítí a samy dále hoří.

Při dosažení teploty hoření je rychlost odpařování nejméně tak velká, jako rychlost spalování, takže páry se dále tvoří v dostatečném množství a samočinné spalování se dále udržuje.

Teplota hoření leží tedy výše než teplota vzplanutí. Rozdíl mezi těmito teplotami je u nízkovroucích kapalin velmi nepatrný, avšak vzrůstá se snižující se těkavostí kapaliny. Nízkovroucí kapalina je taková kapalina, která má při atmosférickém tlaku 101 kPa teplotu varu nižší než 50 °C.

3. Teplota vznícení

Teplota vznícení je nejnižší teplota, při které se za definovaných zkušebních podmínek hořlavá látka ve směsi se vzduchem sama bez iniciace vznítí. Jako vznícení se označuje začátek chemické reakce směsi plynu nebo páry se vzduchem za objevení otevřeného plamene.

Při stanovení teploty vznícení se vznícení vyvolá pouze působením tepla, nikoliv otevřeným plamenem nebo jiskrou.





Pracovní postup

Bod vzplanutí

Při zahřívání jakékoliv organické látky unikají do zahřívacího prostoru její páry a vzniká směs těchto par se vzduchem. Dosažení dolní meze zápalnosti je charakterizováno **bodem vzplanutí (teplotou vzplanutí, dále jen BV)**. Tato teplota je definována jako nejnižší teplota, při které směs po přiblížení iniciačního plaménku vzplane a okamžitě zhasne. Dalším zvyšováním teploty se koncentrace par nad hladinou zvyšuje, až dosáhne horní meze zápalnosti. Ta je charakterizována **bodem hoření (teplotou hoření)**, při které směs po přiblížení pomocného plaménku vzplane a dále hoří (minimálně 5 sekund).

Stanovení bodu vzplanutí se provádí zahříváním vzorku v normovaném kelímku. Pro *těkavé látky* (benzíny, petroleje apod.) se užívá *uzavřených kelímků* a pro *látky netěkavé* (oleje, těžké výrobky apod.) *kelímků otevřených*. Teplota vzorku se zvyšuje normovanou rychlostí zahřívání. Normě podléhá i interval přibližování pomocného plaménku

1) Určení bodu vzplanutí v uzavřeném kelímku metodou Penskyho a Martense

Tohoto postupu se používá pro určení BV ropných výrobků v uzavřeném kelímku, které mají sklon tvořit povrchovou vrstvu za podmínek zkoušky.

Přístroje a pomůcky:

- 1) zkušební přístroj podle Penskyho a Martense (obr. 1)
- 2) teploměr
- 3) kahan
- 4) stopky

Příprava vzorku:

Obsahuje-li vzorek vodu, musí se nechat ustát a vysušit (bez zahřívání) chloridem vápenatým a přefiltrovat. Případně se může vysušit smotkem filtrační bavlny.

Příliš viskózní vzorky se mohou před zkouškou zahřát, ale maximálně na teplotu 17 °C nižší než je BV.

Postup:

- 1) Před vlastním stanovením se očistí a vysuší všechny části přístroje PM a jeho příslušenství.
 - 2) Kelímek se naplní po úroveň značky plnění, vloží do přístroje a přikryje se víkem.
 - 3) Zkontroluje se, zda je ustavovací a uzavírací zařízení ve správné poloze, poté se vloží teploměr a zapálí se pomocný plamének (velikost se upraví na cca 4 mm).
 - 4) Vzorek se zahřívá rychlostí 5 – 6°C za minutu za stálého míchání při otáčkách 90 – 120 min-1.
 - 5) Zkoušecí plamének se pomocí spouštěcího mechanismu sklápí do prostoru kelímku, doba expozice je 5 sekund.
- ☐ Je-li teplota BV nižší než 104°C, začne se vzorek zkoušet plaménkem minimálně 17°C pod očekávaným BV a dále vždy po zvýšení teploty vzorku o 1°C.
- ☐ Je-li teplota BV vyšší než 104°C, začne se vzorek zkoušet plaménkem minimálně 17°C pod očekávaným BV a dále vždy po zvýšení teploty vzorku o 2°C.
- Po dobu manipulace s plaménkem se vzorek nemíchá.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



6) Jako teplota BV se zaznamenává údaj odečtený z teploměru v okamžiku, kdy pomocný plamínek vyvolá v kelímku zřetelné vzplanutí (nesmí se zaměnit za modravý pruh, který občas BV předchází).

7) Změří se barometrický tlak v laboratoři a v případě odchylky od hodnoty standardního tlaku o více než 2 kPa se hodnota zkoriguje podle vztahu:

$$t = t_b + 2,588 \cdot 10^{-4} (p^\circ - p) \quad (1)$$

kde t je teplota vzplanutí při normálním tlaku ($^\circ\text{C}$), t_b je teplota vzplanutí naměřená v laboratoři při atmosférickém tlaku p ($^\circ\text{C}$), p° je standardní atmosférický tlak (101325 Pa) a p je atmosférický tlak v laboratoři (Pa).

Případně lze použít tabulku 1.

8) Korigovaný BV se zaznamená jako **bod vzplanutí PM**.

Tab. 1: Korekce teploty podle naměřeného atmosférického tlaku.

Atmosférický tlak (kPa)	Korekce ($^\circ\text{C}$)
84,0 - 87,7	+4
87,8 - 91,6	+3
91,7 - 95,6	+2
95,7 - 99,3	+1
103,3 - 107,0	-1

2) Stanovení bodu vzplanutí v otevřeném kelímku metodou Marcussona

Tohoto postupu se používá pro určení BV ropných výrobků, které neobsahují snadno těkavé látky a jejichž bod vzplanutí je vyšší než 50°C .

Přístroje a pomůcky:

- 1) porcelánový kelímek
- 2) dvojitá azbestová síťka nebo písečná lázeň
- 3) kahan
- 4) stojan
- 5) teploměr
- 6) stopky
- 7) zkoušecí plamínek

Příprava vzorku:

Vzorky pevných ropných produktů se nejprve roztaví. Je-li v nich obsažena voda, zahřejí se na teplotu o $80 - 100^\circ\text{C}$ vyšší (případně se vysuší pomocí vysoušedla, např. Na_2SO_4).

Postup:

- 1) Sestaví se měřicí aparatura podle obr. 2.
 - 2) Před každým stanovením se kelímek vymyje benzínem, vysuší v sušárně při 105°C a ochladí na teplotu okolí.
 - 3) Kelímek se naplní zkoušenou kapalinou (nebo taveninou)
- ☐ při očekávaném bodu vzplanutí do 250°C 10 mm pod okraj kelímku



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



☐ při očekávané teplotě nad 250°C 15 mm pod okraj kelímku.

4) Kelímek se umístí nad kahan na azbestovou sítku nebo do písečné lázně.

5) Do kelímku se umístí teploměr tak, aby byl nejméně 5 mm od stěny a 2 mm ode dna.

6) Seřídí se zkoušecí plamínek na délku 10 mm (nesvítivý plamen) a umístí se tak, aby se horizontálně položené ústí trubky lehce dotýkalo horního okraje kelímku a procházelo jeho středem.

7) Nejprve se stanoví orientační BV tak, že se rychlost ohřevu vzorku upraví na $6 \pm 1^\circ\text{C}$.

Zkoušecím plaménkem se po každých 2°C přejede bez zastavení nad okrajem kelímku z jedné strany na druhou během 1 sekundy.

8) Při vlastním stanovení BV se vzorek zpočátku zahřívá rychlostí $6 \pm 1^\circ\text{C}$ za minutu a před očekávaným BV se rychlost ohřevu upraví na $3 \pm 0,5^\circ\text{C}$

pro látky s BV do 250°C cca 30°C před

pro látky s BV nad 250°C cca 50°C před.

Při zpomaleném ohřevu se vzorek zkouší plaménkem vždy po zvýšení teploty vzorku o 1°C .

9) Při prvním vzplanutí se odečte teplota, která udává BV dané látky. Jestliže je rozdíl dvou měření větší než 10°C , je nutné provést alespoň 3 měření. Výsledkem je aritmetický průměr všech měření.

10) Korekce výsledné teploty vzplanutí viz Stanovení BV v uzavřeném kelímku vztah (1).

11) Výsledek se uvádí jako **bod vzplanutí podle Marcussona**.

Literatura

Technické normy:

1. ČSN EN ISO 2719 (656064) - Stanovení bodu vzplanutí v uzavřeném kelímku podle Penskyho-Martense
2. ČSN EN ISO 13736 (656067) - Stanovení bodu vzplanutí - Metoda uzavřeného kelímku podle Abela
3. ČSN EN ISO 2592 (656212) - Stanovení bodu vzplanutí a bodu hoření - Metoda otevřeného kelímku podle Clevelanda
4. ČSN 65 6244 - Stanovení bodu vzplanutí v otevřeném kelímku podle Marcussona

Návody zpracoval (a): Hana Juklíčková

2018



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

