

MV- ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČR
ODBORNÁ PŘÍPRAVA JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY

KONSPEKT

1-1-01

POŽÁRNÍ TAKTIKA

Základy požární taktiky

Proces hoření

Zpracoval : Oldřich VOLF
HZS okresu Sokolov

Doporučený počet hodin: 2 hod

Obsah

I. Předpoklady pro hoření	3
1. Teplota a její podstata	3
2. Odpařování látek	4
3. Teplota (bod) vzplanutí	4
4. Teplota vznícení	5
5. Samovznícení	5
5.1 Fyzikální samovznícení	5
5.2 Chemické samovznícení	6
5.3 Biologické samovznícení	6
II. Hoření	6
1. Dokonalé hoření	7
2. Nedokonalé hoření	7
3. Explosivní hoření	7
4. Meze výbušnosti	7
5. Jevy provázející hoření	8
1. Přenos tepla	8
2. Světelné záření	9
3. Plamen	9
4. Zplodiny hoření	10
III. Závěr	10
1. Kontrolní otázky	10
2. Doporučená literatura	11

I. Předpoklady pro hoření

1. Teplota a její podstata

Teplota patří mezi základní fyzikální vlastnosti všech existujících látek. Obecně lze říci, že teplo je nejstarší známá a tedy lidstvem využívaná energie. Nyní se pokusíme velice stručně objasnit princip vzniku tepla.

Princip vzniku tepla

Je všeobecně známo, že nejmenší částičkou hmoty je atom. Z atomu je složena jak ocel, tak i kapaliny, plyny a páry. Atomy jednotlivých prvků jsou k sobě přitahovány a tvoří atomové mřížky. Podle síly soudržnosti v této mřížce jsou látky děleny na pevné kapalné a plynné. Pochopitelně pevné látky jsou tvořeny z pevné - krystalické mřížky, naproti tomu plyny mají atomovou mřížku velice nestabilní.

Žádný atom v našich podmínkách není v klidu, ale je více či méně v pohybu nebo-li kmitá. Čím více dodáváme látce energie, tím více se zvětšuje kmit její částic. Tímto kmitem vzniká v látce teplo, ale nejen to, protože dochází k rozkmitu atomů (více se od sebe vzdalují) zvětší se objem látky.

Jako důkaz tohoto principu můžeme uvést příklad rtuťového teploměru.

Tepelná energie (tedy kmity částic) měřeného prostředí se přenáší na rtuť v teploměru. Atomy rtuti začínají přebírat tuto energii (kmity). Rozkmitávají se obdobně, vzdálenosti jednotlivých atomů od sebe se zvětšují, rovněž se zvětšuje celkový objem rtuti v zásobníku teploměru a ta se tlačí trubicí nahoru po stupnici. Vystoupí tak vysoko, jak mnoho se zvětší její objem. To znamená, že nám ukazuje určitý energetický stav měřeného prostředí. Energetickým tepelným stavem měřeného prostředí je teplota, která nám v podstatě vyjadřuje, jak mnoho jsou částice měřeného prostředí rozkmitány.

Celsiova stupnice

Pro běžnou praxi používáme teplotní stupnici Celsiovu (°C). Tato stupnice vychází z obecně známých jevů. Jako nulová teplota zde byl zvolen teplotní stav právě tajícího ledu a teplota 100 °C vyjadřuje teplotní stav varu vody. Takto formulovanou teplotu si každý umí snadno představit a ví, kdy je chladno a kdy je teplo. Pro technickou praxi však tyto pojmy nestačí. Pro energetické výpočty byla proto zavedena teplotní stupnice Kelvina (K).

Podstata stupnice Kelvina

Přestože u Celsiovy stupnice rozeznáváme teploty záporné, čili „pod nulou“, znamená to, že i tam sloupec rtuti představuje určitý energetický stav měřeného prostředí, že i tam dochází ke kmitání molekul či atomů, byť menšímu.

Moment, kdy u měřeného prostředí dochází k úplnému zastavení kmitů částic, kdy prostředí nemá vnitřní energii je vyjádřen pomyslnou hodnotou $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Tato hodnota byla vypočtena, neboť takový stav nejsme schopni navodit.)

Právě tento teplotní stav je výchozím bodem pro stupnici Kelvina a nazývá se „absolutní nula“.

2. Odpařování látek

Pro lepší pochopení následujících kapitol týkajících se bodu vzplanutí a teploty vznícení je třeba předeslat vysvětlení k podstatě odpařování látek.

Opět obecně lze tvrdit, že každá hmota (látka) se odpařuje. Podmínky za jakých k tomuto jevu dochází se značně různí. Již zmiňovaný kmit částic s tímto opět souvisí. Dodáváme-li látce určité množství energie, zvyšujeme kmitání částic v látce. Pokud se tyto částice rozkmitají do takové míry, že síla kmitu je větší než přitažlivost v atomové mřížce látky, začínají tyto částičky volně odletovat do prostoru neboli dochází k varu a odpařování látky.

Některé látky s nestabilní krystalickou mřížkou, neudrží pohromadě své atomy ani při teplotách „pod nulou“ a tyto volně odletují (odpařují se), takové látky se nazývají těkavé.

3. Teplota (bod) vzplanutí

Každá kapalina se vlivem okolní teploty odpařuje, jinak tomu není ani u kapalin hořlavých. Nad hladinou hořlavé kapaliny se tedy vytváří určité množství par. Množství vytvářených par je závislé na velikosti teploty. Čím je teplota vyšší, tím více par se vytváří a naopak.

Příklad: Vezměme nádobku, do které vlijeme odměřené množství např. etanolu (lihu). Nádobku přikryjeme víčkem, které je upraveno tak, aby se jím dal nad hladinu zasunout zapalovací plamínek. Nádobku s kapalinou zahříváme a sledujeme teplotu uvnitř. Kapalina se zahřívá a molekuly etanolu vyprchávají do prostoru nádobky. Při $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se po přiblížení zkušebního plaménku nad její hladinou nic neděje. Avšak při $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ páry po přiblížení zkušebního plaménku, nad hladinou krátce vzplanou a opět uhasnou.

Vysvětlení je následující: V prvním případě byla na danou kapalinu teplota ještě příliš malá. Nestačilo se vytvořit dostatečné množství par, aby mohlo ke vzplanutí dojít. V dalším případě při $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ již byla koncentrace par dostatečná. Páry vzplanuly, ale hoření dále neprobíhalo. To proto, že teplota byla ještě tak malá, že se nestačilo za tak krátkou dobu odpařit další množství par, aby hoření (reakce) mohlo pokračovat - neboli hoření bylo rychlejší než odpařování.

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že 13 °C je pro etanol teplotou vzplanutí. V požárně technických charakteristikách HK je pak tato hodnota udávána jako teplota nebo bod vzplanutí. Teplota vzplanutí je pro každou HK charakteristická a podle této hodnoty se zařazují kapaliny do tříd nebezpečnosti.

4. Teplota vznícení

Teplota vznícení je nejnižší možná teplota, při které hořlavá látka začne hořet i bez iniciace otevřeným plamenem. Tento poznatek je důležitý pro posuzování HK v případech jejich skladování a manipulace, kde zjistíme zda topná tělesa či části technolog. zařízení nedosahují náhodou teploty vznícení.

Příklad: k hořlavé kapalině nepřikládáme přímo otevřený oheň. Pouze se hořlavá kapalina zahřívá jiným tělesem nebo horkým vzduchem. Budeme-li tedy zahřívát již zmiňovaný etanol na vařiči, zjistíme, že při dosažení teploty 425 °C se kapalina sama vznítí a hoří. Tedy kapalina si již vytváří takové množství par, že reakce hoření může dál pokračovat.

5. Samovznícení

Samovznícení je vznícení, při kterém je zdrojem energie samozahřívání hořlavé látky. Podmínkou pro samozahřívání, stejně jako pro vznícení je, aby množství vzniklého tepla bylo větší než teplo odváděné do okolního prostředí.

K samozahřívání látky může docházet v důsledku různých procesů. Podle procesu, který se v počátcích samozahřívání podílí na zvyšování teploty, dělíme samovznícení na:

- fyzikální;
- chemické;
- biologické.

Jednotlivé procesy samovznícení mohou probíhat různě rychle, od minuty (organokovové sloučeniny), přes hodiny (lněný olej), dny (nitrocelulózové zbytky), týdny (seno) až po měsíce (hnědé uhlí) a mohou se vzájemně doplňovat.

5.1 Fyzikální samovznícení

Příkladem tohoto typu je samovznícení uhlí, kde obsažený uhlík má schopnost svým povrchem pohlcovat plyny a páry, přičemž vzniká teplo.

Samovznícení uhlí napomáhá skladování ve velkých hromadách (je splněna podmínka malého povrchu k odvodu tepla. K fyzikálnímu samovznícení může dojít i ohřevem látky, úderem (např. třaskaviny).

5.2 Chemické samovznícení

K chemickému samovznícení dochází stykem dvou nebo více látek, při němž probíhá exotermická reakce - neboli vniká velké teplo.

Tyto chemické děje jsou vyvolané buď stykem látky s kyslíkem (oxidace), ale také s vodou (sodík, draslík a jejich sloučeniny, karbidy vápníku atd.).

5.3 Biologické samovznícení

K biologickému samovznícení jsou náchylné rostlinné materiály, jako je seno, luskoviny, obilniny atd.

Podmínky pro samovznícení je nerovnoměrné rozložení vlhkosti a tím různorodá jakost vrstvené hmoty.

Podstatou biologického samovznícení je činnost mikroorganismů (bakterií), která vede k zahřívání. Při teplotě asi 70 °C začnou bakterie odumírat. Teplota je však již dostačující pro rozpad některých jednodušších rostlinných látek z nichž vzniká uhlík. Ten dále funguje jako v případě uhlí, oxiduje a tím zvyšuje teplotu látky, vzniká další uhlík a uvolňují se i jiné látky, až při teplotě 250 - 300 °C pak dojde ke vznícení rostlinné hmoty.

II. Hoření

Obecná definice hoření

Hoření je fyzikálně chemická oxidační reakce, při které hořlavá látka reaguje vysokou rychlostí s oxidačním prostředkem za vzniku tepla a světla. Je to reakce exotermická.

Podstata hoření, hořlavý soubor

K tomu aby došlo k hoření je zapotřebí přítomnosti :

- a) hořlavé látky
 - b) oxidačního prostředku
 - c) zdroje zapálení s dostatečným množstvím energie a vysokou teplotou.
- Přítom podmínka nutná je pouze přítomnost hořlavé látky.

Spojení prvních dvou podmínek se také nazývá HOŘLAVÝ SOUBOR.

1. Dokonalé hoření

Pojem dokonalé hoření je hlavně z důvodu dokonalosti proběhlé chemické reakce. Při dokonalém spalování nevznikají zplodiny schopné dalšího hoření, zpravidla jen oxid uhličitý a vodní páry. Příkladem může být požár plynu unikajícího z potrubí na volných prostranstvích, kde se průběh požáru přibližuje téměř dokonalému hoření.

2. Nedokonalé hoření

Při nedokonalém hoření vznikají zplodiny schopné dalšího hoření. Při požáru musíme vždy počítat s tím, že se jedná o nedokonalé hoření, ale pokaždé s jinou kvalitou hoření podle druhu hořlavé látky a přístupu oxidačního prostředku. Příkladem nedokonalého hoření může být požár ve sklepě, který lze označit za klasický příklad nedokonalé formy hoření, kdy zplodiny hoření dokáží často vytvořit výbušné koncentrace.

Z hlediska škodlivosti vniklých zplodin nedokonalého hoření, lze říci, že jsou vážným nebezpečím pro zasahující hasiče. Častým produktem nedokonalého hoření je u organických hmot oxid uhelnatý (CO), je jedovatý a ve směsi se vzduchem také výbušný. U nedokonalého hoření mnoha druhů plastů vznikají produkty jako kyanovodík, různé ultrajedy, karcinogenní a mutagenní látky atd.

3. Explosivní hoření

Hoření může také probíhat formou výbuchu. Takový výbuch je rychlá fyzikálněchemická reakce provázená okamžitým uvolňováním velkého množství energie.

Z hlediska rychlosti oxidace probíhá chemický výbuch buď formou -explosivního hoření (deflagrací) nebo detonací.

Obě formy se od sebe liší především rychlostí šíření. U explosivního hoření, nepřevyšuje rychlost zvuku.

Detonace se šíří rychlostí větší než 1000 m.s⁻¹, převyšuje tedy rychlost zvuku. Tlak v detonační vlně dosahuje až dvojnásobek hodnot tlaku při deflagraci.

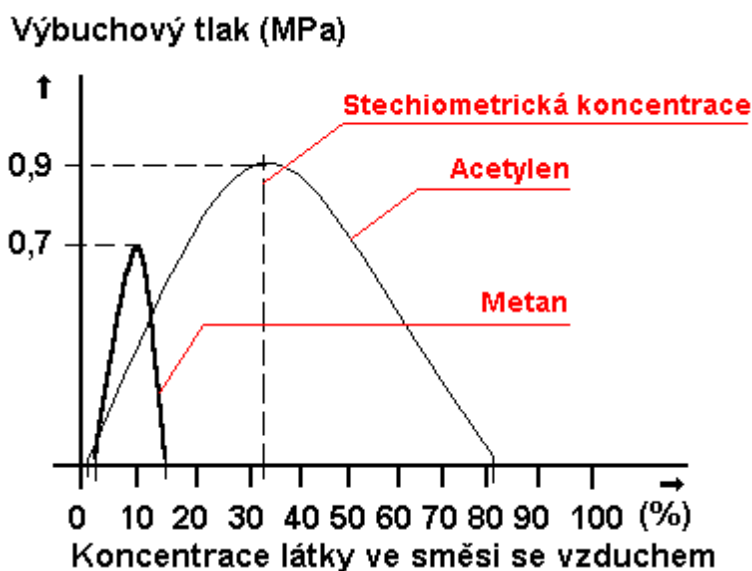
4. Meze výbušnosti

Meze výbušnosti jsou stejně jako teplota vznícení nebo vzplanutí charakteristické pro každé plyny, páry a prachy a udávají se jako základní požárně technické charakteristiky hořlavých látek.

U prachů se v praxi uvádí pouze hodnota dolní (též spodní) meze výbušnosti, protože je prakticky nemožné vytvořit prostředí s např. 60% prachu rozptýleného v ovzduší.

Pro snazší pochopení si představme nádobu tvaru válce o objemu 1dm³, do kterého budeme napouštět plyn metan. Válec je opatřen papírovým víkem a zařízením pro vytvoření iniciačního zdroje. Při vytvoření koncentrace směsi metanu se vzduchem do (5% metanu), zjistíme, že ač provedeme iniciaci k žádné reakci nedojde. Pokud je však koncentrace metanu ve válci nad 5% dojde po iniciaci ke slabšímu výbuchu. Při dalším plnění dospějeme k tomu, že při 9,5% tohoto plynu dojde k nejsilnějšímu výbuchu. Po překročení hranice 15% již směs opět nevybuchuje.

V prvním případě, tedy do 5% koncentrace, je ve směsi tak málo hořlavého plynu, že reakce explozivního hoření nemůže proběhnout. Pětiprocentní koncentrace je již schopna reakce a právě tato hranice se nazývá dolní mez výbušnosti.



Pokud je naopak metanu v prostředí více než 15% reakce by mohla proběhnout z hlediska množství hořlavého plynu, avšak není k dispozici nezbytný kyslík a tak opět k výbuchu nedojde. Tato horní hranice označuje tzv. horní mez výbušnosti. Prostor mezi těmito mezními hodnotami je pak nazýván výbušnou oblastí. Jsou-li oba plyny ve směsi v optimálním poměru, je případný výbuch nejsilnější. Vzájemný optimální poměr se nazývá stechiometrický poměr výbušné směsi.

5. Jevy provázající hoření

1. Přenos tepla

Hoření je fyzikálněchemická reakce, při které se vždy uvolňuje teplo. Tímto teplem je charakterizován teplotní režim v oblasti hoření. Teplo se

v oblasti hoření nehromadí, ale odvádí se do okolí prouděním, vedením a sáláním.

Přenos tepla prouděním probíhá zejména prostřednictvím ohřívání kouře. Vysoce zahřátý kouř může dokonce zakládat nová ohniska požáru, což ovlivňuje šíření požáru. Přenos tepla prouděním však vlastní hoření nepodporuje.

Sálavé teplo vyzařuje z oblasti hoření z větší části do okolí a z menší části zpět na povrch hořící látky. Sálavé teplo, které se vyzařuje do okolí, stěžuje práci hasičů, protože se bez dostatečné ochrany nemohou přiblížit k ohnisku hoření. V případě dopadu tohoto tepla na okolní hořlavé konstrukce, zařízení a materiál působí jako vnější teplo, čímž jsou vytvořeny podmínky pro šíření požáru.

Z hlediska udržování a rozvoje vlastního hoření je nejdůležitější ta část sálavého tepla, která z oblasti hoření dopadá zpět na povrch hořící látky. V důsledku toho se neustále udržuje vysoká teplota povrchu hořlavé látky a podporuje se rychlé odpařování hořavin, čímž se hoření samovolně udržuje. Čím větší bude mít hořlavá látka výhřevnost, tím více tepla se bude při hoření uvolňovat, tím větší bude také část sálavého tepla dopadajícího zpět na povrch látky a tím bude i hoření intenzivnější.

Z hlediska možnosti rozvoje požáru je potřeba ještě upozornit na možnost přenosu tepla vedením. Tento druh přenosu tepla je vázán zejména na pevné látky a souvisí s jejich tepelnou vodivostí. Tepelně nevodivé látky se používají jako izolační materiály. Z látek, které teplo vedou, jsou rozhodující kovy. Při jejich ohřátí vlivem požáru zvyšují svou teplotu a mohou působit na šíření požáru. Např. ocelové potrubí, procházející stěnou, ohřáté na vysokou teplotu, může být zdrojem zapálení na druhé straně stěny. Rovněž ohřátá stěna nádrže může znovu zapálit již uhašený požár v nádrži apod.

Tento jev může rovněž ztěžovat vlastní práci zasahujících hasičů. Kovová klika dveří, za kterými hoří se rozpálí a nechráněnou ruku může popálit. Rovněž tak může dojít k nepříjemným popáleninám například při rozpálení stříbrných nebo zlatých náušnic, řetízku atd.

2. Světelné záření

Výskyt světelného záření je spojen s existencí plamene. Tento jev tedy provází pouze látky schopné plamenného hoření. U záření v oblasti viditelného světla je nutno rozlišovat mezi zářením *celého spektra vlnových délek* a vyzařováním světla *o určité vlnové délce*.

U plamene se většinou vyskytuje záření celého spektra. Je úplně jedno zda prvek, jímž je vysíláno záření, je v plynném nebo kapalném skupenství.

3. Plamen.

Vnější projevem fyzikálněchemické reakce je plamen. Tím se projevuje hoření látek, které se mohou přeměnit v plyny a páry, u pevných látek, které nejsou schopny uvolnit hořlavé plyny a páry probíhá tzv. bezplamenné hoření (žhnutí, doutnání).

Většina případů hoření probíhá v plynné fázi za vzniku plamene. Plamen je možno rozdělit:

- a) podle způsobu přípravy plynné směsi na *kinetický* (hořlavá látka je předem smíchána s oxidačním prostředkem - př. výbuch plynu, svářecí souprava) a *difúzním* (k promíchání dochází až v průběhu hoření - př. hoření čistého plynu v hořáku, hoření kapaliny);
- b) podle typu šíření plamene ve směsi na *stacionární* (poloha plamene je fixována) a *nestacionární* (plamen se v prostoru přemísťuje) ;
- c) podle způsobu proudění plynné směsi na *laminární* (nevznikají znatelné víry, jednotlivé proudnice probíhají zhruba rovnoběžně) a na *turbulentní* (dráhy částic jsou nepravidelné, rychlosti a směr se neustále mění, hmota se značně promíchává). Zvýšením rychlosti proudění přechází laminární plamen v turbulentní.
- d) podle oxidace uhlíku na *nesvítivý* (hořlavá látka obsahuje více než 50 % kyslíku a přítomný uhlík se začíná oxidovat tímto kyslíkem už před pásmem hoření), *svítivý* (látka obsahuje méně než 50 % kyslíku, volný uhlík se dostává do pásma hoření, kde se oxiduje a žhne - svítí) a plamen *čadivý* (látka obsahuje více než 60 % uhlíku a málo nebo vůbec žádný kyslík, uhlík se nestačí oxidovat ani v pásmu hoření a uniká ve formě sazí).

4. Zplodiny hoření

Zplodiny hoření je kapitola, která zasluhuje samostatné zpracování. Jde o velice závažnou a podstatnou oblast požární taktiky. Podrobněji je zpracována v KONSPEKTU 1.1.05

III. Závěr

1. Kontrolní otázky

- 1.) Vysvětli svými slovy co je dolní a horní mez výbušnosti.
- 2.) Jaký je rozdíl mezi dokonalým a nedokonalým hořením ?
- 3.) Co je teplota (bod) vzplanutí a co je teplota (bod) vznícení ?

2. Doporučená literatura

1. ADAMEC, V., FOLDINA, V., HANUŠKA, Z. *Taktika zdolávání požárů, nehod a havárií*. Praha: MV - Ředitelství HZS ČR, 1995.
2. BRUMOVSKÁ, I. *Speciální chemie pro požární ochranu - učební texty*. Praha: MV - Ředitelství HZS ČR, 1992.
3. SVOBODA, P. *Požární taktika I*. Praha: Hlavní správa Sboru PO MV ČR, 1987.
4. OLŠÁNSKÝ, J. *Požární taktika I*. Praha: Svaz požární ochrany, 1981. Knižnice PO. Sv. 62.
5. KUMAGAI, S. *Hoření*. Praha: Svaz požární ochrany, 1984. Knižnice PO. Sv. 69.
6. DĚMIDOV, P., G. *Hoření a vlastnosti hořlavých látek*. Praha: Svaz požární ochrany, 1966. Knižnice PO. Sv. 17.
7. BLAHOŽ, V., KADLEC, Z. *Základy sdílení tepla*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1996. Edice SPBI spektrum. Sv. 2.