

VÝBUŠNINY

V souvislosti se vzrůstající frekvencí teroristických atentátů za použití výbušných systémů se řada lidí začíná zajímat o tento fenomén současné situace ve světě.

Často si kladou otázku, jak je možné, že relativně malé množství výbušniny na těle sebevražedného atentátníka způsobí tak velké materiální a lidské ztráty.

K pochopení této skutečnosti je třeba porozumět některým fyzikálním a chemickým jevům souvisejícím s existencí a používáním výbušnin.

Substituční a oxidační reakce

Studium substitučních a oxidačních reakcí v chemii vytvořilo předpoklady pro vznik většiny dnes používaných výbušnin. Zároveň s tím dokázala teoretická fyzika vysvětlit mechanismus působení výbuchu a predikovat jeho účinky na okolní prostředí včetně matematických modelů těchto jevů.

Abychom si mohli udělat představu o mechanismu působení chemické výbušiny, je třeba vědět jak probíhá chemický děj zvaný oxidace nebo hoření.

Oxidace

Základní reakcí sloučeniny nebo směsi je oxidace jednotlivých složek za vysoké teploty a převážně i tlaku na plynné kysličníky, které se určitou rychlostí rozpínají do okolního prostoru.

Chemický zákon říká, že za normálních podmínek /20°C, 1atm/
zaujímá 1 gMol plynné látky objem cca 21,3 l (dm³) a rychlost chemické reakce se zdvojnásobuje s každým zvýšením teploty o cca 10°C .

Jedná se totiž o vysoce exotermní reakci při které se oxidovaná látka po počátečním energetickém impulsu přeměňuje na plynné zplodiny o vysoké teplotě slučováním se vzdušným nebo chemicky vázaným kyslíkem.

Právě druhá možnost otevírá cestu ke konstrukci chemických látek s požadovanými vlastnostmi.

Výbušný chemický děj

Aby se chemická sloučenina nebo směs látek mohla chovat jako výbušina, musí chemický děj splňovat tyto podmínky:

- a) vysoká rychlost chemické přeměny**
- b) exotermní reakce s vysokou teplotou**
- c) samovolné šíření reakce**
- d) možnost přeměny tepelné energie na mechanickou**

Mechanismus výbuchu

Pro vznik ***rázové vlny***, kterou nazýváme **detonační**, důležitou podmínkou je, že ***rychlost chemické přeměny*** po počátečním impulsu je ***větší než rychlost zvuku v dané výbušnině*** a při ideální detonaci nezávisí na tlaku, jako je tomu při explozivním hoření.

V okamžiku, kdy detonační vlna dosáhne povrchu nálože, začíná rozlet silně stlačených zplodin výbuchu, které vytlačují okolní vzduch.

Detonace je charakterizována prudkým (skokovým) nárůstem tlaku v místě výbušné přeměny.

Vnější povrch expandujících zplodin tvoří vrstva stlačeného vzduchu.

V počátečním stadiu je ***rychlost zplodin blízká rychlosti detonační vlny***.

Ve vzdálenosti cca 10 –15 poloměrů nálože se rázová vlna odtrhává od povrchu stlačených výbuchových plynů a pohybuje se dále prostředím rychlostí úměrnou rychlosti zvuku v daném prostředí.

Rychlost detonační reakce se pohybuje v rozmezí **1000-9000 m/s**.

Mechanický účinek na okolní prostředí je způsoben rozpínáním zplodin výbuchu a detonační vlnou.

Působí tedy na překážku:

1) zvýšeným tlakem,

2) dynamickými silami vyvolanými nárazem prostředí.

U silných rázových vln dynamické síly několikrát převyšují působení tlaku.

Detonační rázová vlna

Rázová vlna je charakterizována :

- a) rychlostí vyšší než je rychlost zvuku v daném prostředí*
- b) náhlou(skokovou) změnou parametrů výbuchových zplodin(tlak,teplota,rychlost),*
- c) pohybem prostředí ve směru působení rázové vlny.*
- d) Pro vznik rázové vlny je nutné hmotné prostředí
(ve vakuu nevzniká!)*
- e) dostatečně energetický počáteční impuls*

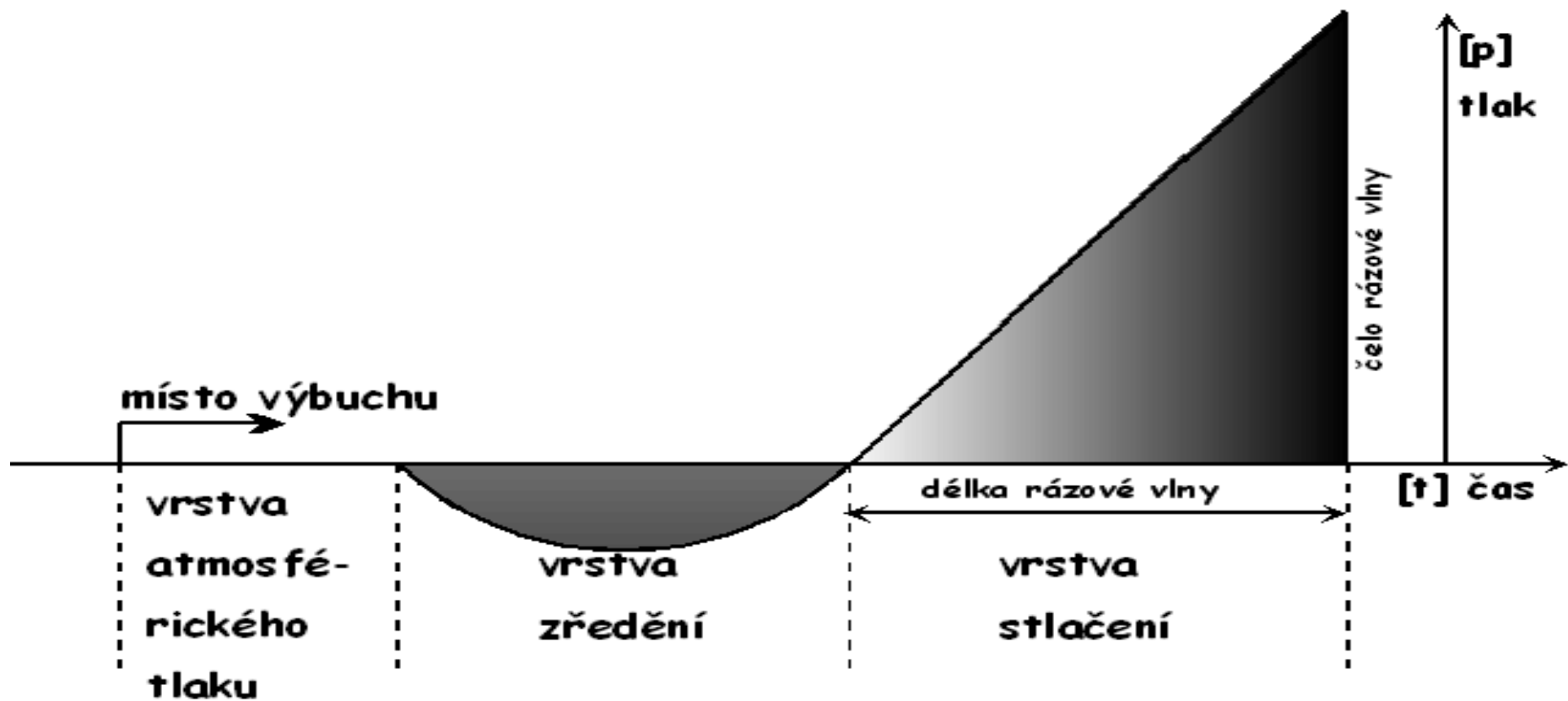


SCHÉMA ŠÍŘENÍ RÁZOVÉ VLNY V PLYNNÉM PROSTŘEDÍ

*1 - MÍSTO VÝBUCHU, 2 - VRSTVA ATMOSFÉRICKÉHO TLAKU, 3 - VRSTVA ZŘEDĚNÍ,
4 - VRSTVA STLAČENÍ, ΔP - PŘETLAK V ČELE RÁZOVÉ VLNY, 5 - ČELO RÁZOVÉ VLNY*

Ve vzdálenějších vrstvách následkem toho vzniká vrstva zředění, ve které je tlak menší než tlak atmosférický.

Vzdálenost od čela vlny do začátku vrstvy zředění se nazývá délka rázové vlny.

Význam rázové vlny: Narazí-li rázová vlna na dokonale tuhou překážku (ocel, beton atd.), musí se pohyb hmotného prostředí okamžitě zastavit. Náhlým zabrzděním tohoto pohybu vzniká značný tlak na překážku.

Rázová vlna působí tedy na překážku:

1) zvýšeným tlakem,

2) dynamickými silami vyvolanými pohybem prostředí.

U silných rázových vln dynamické síly několikrát převyšují působení tlaku!

Působení výbuchu

Tlak na čele detonační vlny dosahuje hodnot **statisíců atm**, přičemž jeho hodnota klesá úměrně s třetí odmocninou vzdálenosti od epicentra výbuchu. Uvolněná energie je předávána v podobě mechanické energie (***tlaku a impulsu hybnosti***) rozvolněným součástem okolního prostředí, způsobuje destrukci a rozlet střepein nebo součástí pevných překážek.

V epicentru teploty dosahují tisíců °C a tlaky statisíců atm v zanedbatelném čase /10⁻⁶ msec/. Za těchto podmínek se vysoce ionizované výbuchové zplodiny mění na **plazmu** a neplatí už běžné fyzikální zákony.

Vhodným geometrickým uspořádáním a složením trhavin lze vytvořit plasmatický rovnoběžný paprsek o teplotě větší než 10 000°C, tlaku až 1 000 000 atm, pohybující se rychlostí přes 8 000 m/sec a schopný propálit 1m silný pancíř ze speciální oceli v čase menším než 1 milisekunda.

Materiální předpoklady

Pro praktické použití výbušin jsou důležité další požadavky:

- a) **dostatečně vysoký obsah energie v objemové jednotce** - objemová hustota energie zajišťující výkon
- b) **přiměřená citlivost k vnějším podnětům** - spolehlivost funkce, bezpečnost
- c) **dlouhodobá chemická a fyzikální stabilita** - skladovatelnost bez ztráty funkčnosti, omezení reaktivity vůči ostatním součástem systému
- d) **efektivnost výroby** – dostupnost surovin; technologické možnosti a bezpečnost výroby

e) Teplota výbuchu - nejnižší teplota při které nastává výbušná přeměna. Mechanický náraz, tření a nápich je převeden v konečném efektu na lokální zdroj tepelného impulsu

f) Citlivost k účinkům detonační vlny - přenos detonace z jedné nálože na druhou a schopnost absorbovat energetický impuls od rozbušky.

g) Chemická stabilita - určuje dobu skladování a možnost laborace spolu s jinými materiály

h) Fyzikální stabilita - zabezpečuje neměnnost výbušinářských charakteristik v čase.

- ch) Pracovní schopnost** - projev tlaku povýbuchových zplodin v uzavřeném prostoru
- i) Brisance** - schopnost tříštivého účinku detonační vlny
- J) Kyslíková bilance** - množství chemicky vázaného kyslíku

Při používání výbušnin v prostředí bez přístupu vzdušného kyslíku je důležitou hodnotou množství chemicky vázaného kyslíku

Trhaviny se zápornou kyslíkovou bilancí nelze používat v dolech!

Směsné výbušiny

K dosažení požadovaných účinků nebo vlastností se používá ***směsných výbušin***.

Směsi ovlivňují specifické charakteristiky výbušin – tj. pracovní schopnost, brizanci, citlivost k podnětům, teplotní stabilitu.

Výbušina může dále obsahovat různé další ***příměsi (paliva, plastifikátory, kovové prášky, organické i anorganické soli a sloučeniny ovlivňující*** její vlastnosti (např. teplotu hoření, antidetonační hoření, přenos energie, atd.).

Praktické použití:

plastické trhaviny, vojenské trhaviny, důlně bezpečné trhaviny, průmyslové trhaviny, střeliviny.....

Klasifikace výbušin

Lineární rychlost chemické přeměny určuje způsob klasifikace a použití výbušiny. Z tohoto pohledu rozdělujeme výbušné látky na několik užitečných kategorií:

- 1) **pyrotechnické slože** - rychlost relativně nízká (mm až cm/sec)
hoření až explozivní hoření
- 2) **střeliviny** - rychlost vysoká (cm až m/sec), explozivní hoření
- 3) **trhaviny** - rychlost velmi vysoká (km/sec) eflagrace, detonace
- 4) **třaskaviny** – rychlost velmi vysoká (až km/sec), detonace

Pyrotechnické slože

Směsi chemických látek a kovových prášků, které mají za účel zvýšení teploty hoření, tvorbu světelných nebo zvukových efektů, přeměnu elektrického či mechanického impulsu na tepelný, jako hnací náplň.

V praktické verzi jsou součástí různých **zážehových systémů pro municí a trhavin** jako elektrické nebo mechanické palníky, značkovací střelivo, záchranné systémy. Dále jsou používány v zábavné pyrotechnice jako hnací náplně, tvorbu světelných a zvukových efektů. V průmyslové praxi se jimi svařují materiály, vyžadující vysoké teploty.

První zmínky o používání pyrotechnických směsí k zábavným a vojenským účelům se vztahují k Číně před započítáním našeho letopočtu.

Černý prach

Směs mleté síry ,mletého dřevěného uhlí a jemně mletého ledku(dusičnan amonný,dusičnan draselný).

Používán v munici k zážehu hnacích náplní, jako zážehové šňůry a palníky pro trhaviny, hnací náplň pro perkusní zbraně, při těžbě nerostných surovin (velké bloky) - **deflagrační účinky**.

Na území středověké Evropy je prvenství připisováno anglickému alchymistovi 13.století Rogeru Baconovi, který údajně první zjistil účinky **směsi**. Ačkoliv citlivost této směsi k mechanickým a tepelným podnětům je značná, trvalo nějakou dobu, než byl vynález černého prachu zužitkován k vojenským i civilním potřebám .

Použitím palných zbraní skončila éra středověkých rytířských válek.

V civilním sektoru se černý prach začal používat při stavebních pracích (hloubení příkopů, odstraňování terénních překážek) a při dobývání nerostných surovin.

Postavení černého prachu jako dominantní výbušniny se změnilo až ve druhé polovině 19. století s rozvojem chemie.

Střeliviny

Směsi na bázi nitrocelulozy, případně modikované nitroglycerinem, nitroglykolem slouží jako výmetná nebo hnací náplň munice a raketových systémů.

Konstrukce střelivin musí omezit detonační nebo deflagrační děje, které by nutně poškodily zbraňové systémy.

Posláním střelivin je udělit střele rychlost potřebnou k dosažení cíle.

Zplodiny hoření v nábojové komoře zbraně udělují tlakem na dno střely mechanický impuls a požadovanou rychlost střele.

Zplodiny hoření průtokem tryskou raketového motoru vyvolávají reaktivní sílu (impuls tahu) uvádějící raketovou střelu do pohybu.

U bezzákluzových zbraní (bazuky) je využito tlaku plynů k vymetení střely a současným výtokem tryskou k omezení zpětného rázu zbraně.

Granát – raketa je vypuzena z hlavně tlakem plynů a následně ji uděluje potřebnou rychlost raketový motor spojený s granátem.

Výkon střelivin charakterizuje obsah vnitřní energie a způsob hoření, který je dán tvarem prachového zrna.

Z tohoto důvodu se střeliviny dělí na:

tuhé pohonné hmoty (pohon raket.motorů)

bezdýmné prachy - nitrocelulozové
- nitroglycerinové
- diglykolové

a podle tvaru na prachy: - páskový
- destičkový
- kotoučkový
- válečkový
- trubičkový
- sedmiděrový
- sférický (kuličkový)

Výroba bezdýmných prachů spočívá v želatinaci nitrocelulozy pomocí těkavých nebo netěkavých plastifikátorů a následnou úpravou tvaru zrna.

Trhaviny

Chemické sloučeniny a jejich směsi, schopné detonačního děje, jsou vyráběné v pevné, poloplastické a plastické formě.

Použití zejména jako tříštivá náplň dělostřelecké, letecké, námořní munice a min, ženijní prostředek.

V průmyslové praxi významná součást těžby surovin, stavebního průmyslu .

Ve strojírenství jsou používány ke tváření kovů výbuchem, v zemědělství k omlazování sadů ,rozmetání hnojiv, k seizmickému výzkumu.

Účelem trhavin je pomocí detonace rozpojování tuhých materiálů, destrukce překážek a vyvolání vysokých tlaků a teplot vhodných pro různé technologické postupy.

Podle složení se dělí na:

anorganické - dusičnan amonný, chloristan amonný

organické - dusičné estery (C-O-NO₂) - nitroglycerin

- nitroglykol

- nitroceluloza

- pentrit (PETN)

nitrolátky (C-NO₂)

- nitrotolueny (TNT)

- nitrobenzeny

- nitrofenoly

- nitronaftaleny

nitraminy (N-NO₂)

- hexogen (RDX)

- oktogen (HMX)

- nitroguanidin

Výroba trhavin využívá mnoho technologických postupů dle druhu trhaviny a způsobu použití v praxi.

Třaskaviny

Organické nebo organo-kovové sloučeniny s detonační schopností a extrémní citlivostí k energetickým podnětům.

Výbušiny označované jako třaskaviny jsou extrémně citlivé k počátečnímu mechanickému nebo tepelnému impulsu a mohou detonovat.

Velmi důležitou vlastností je akcelerace, t.j. zrychlení s jakým dosahují maximální rychlosti výbušné přeměny.

Používají se převážně jako iniciační neboli primární výbušina v rozbuškách a iniciačních prostředcích.

- **Fulminát rtuťnatý**

Obecný název zní „třaskavá rtuť“, jejíž citlivost značně snižuje vlhkost.

- **Azid olovnatý**

Vyrábí se stálejší bílé krystalky alfa modifikace, která má největší akceleraci.

- **Tricinát olovnatý**

Používá se do zážehových rozbušek.

- **Pikrát olovnatý**

Pro dobrou citlivost k tepelným impulsům je vhodný do elektrických palníků.