

Vojenské výbušniny

01. SYPKÉ a POLOTAVITELNÉ TRHAVINY

Výbušinářské vlastnosti směsí s dusičnanem amoným závisí na obsahu nitrolátky a dusičnanu, vlastnosti se téměř lineárně mění se změnou složení systému.

Směsi dusičnanu amoného s nitrolátkami jsou k nárazu mnohem citlivější než samotná nitrosloučenina, protože dochází ke tření mezi tvrdými částicemi dusičnanu.

Nejrozšířenější směsí za 2.sv.byl Amatol 40/60 :

Dusičnan Amoný40 %
TNT.....60 %

V Německu byl znám pod názvem Fp60/40.Směs se z počátku vyráběla jako sypká ,ale brzy se přešlo k plnění litím při t. nad 80°C. Ke konci války, kdy byl nedostatek surovin se TNT začal nahrazovat DNBenzenem(40 %dusičnanu/60% m-DNB)-v Německu pod názvem DiFp 60/40. Němci používali obdobné směsi obsahující TNAnisol místo TNT.

Detonační rychlosti jsou zde uváděny jako maximální hodnoty jichž se dosahuje v leteckých bombách o velkém průměru nad 200 mm.

Amatol 80/20 je směs s 0 kyslíkovou bilancí. Je to sypká směs ,kterou se plnily granáty a ostatní střelivo. Amatoly 50/50, 60/40 a 40/60 se plní do munice v polotekutém stavu ,zahřáté nad 80°C,kdy je TNT kapalný. Používaly se do leteckých bomb, protipancéřového střeliva a v lisované formě do granátů a min.

Směsi TNT-Dusičnan amoný jsou k nárazu citlivější než sám TNT. Směsi obsahující 70-40 % TNT mají stejnou citlivost jako TNFenol. Nehodí se proto do munice s velkou počáteční rychlostí. Lité Amatoly detonují snadněji než TNT ve stejném stavu ,i tak ale potřebují k roznětu počínovou nálož min.10 g RDX. Vliv na snadnost detonace má rozměr krystalů obou látek(D.rychlost je tím větší ,čím jemnější jsou krystaly).

Za 2.sv. se používalo amatolů se zvýšeným účinkem, v nichž byla část dusičnanu nahrazena Hexogenem a TNT se nahradil DNBenzenem :

K plnění ručních granátů a ženijních náloží se z počátku používalo průmyslových trhavin - Donaritu :

Donarit je však vlivem přítomného Nglycerinu příliš citlivý k mechanickým impulsům(2kg:30 cm). Proto byla navržena náhradní výbušnina -Perdit.TNT.....12 %

Nglycerolu.....4%
dřevné moučky...4 %
NH4NO3.....80 %

Perdit :

Kapalný DNT....15 %
dřevná moučka...3 %
KClO410 %

NH4NO3.....72 % Perdit dává v Pb bloku výduť 380 cm³. Používalo se ho do konce války ve velkém množství do ručních granátů ,v ženijním náloživu a k plnění min s malou počáteční rychlostí.

V Rusku se plnily ruční granáty směsí :TNT.....60 %
KNO3.....35 %
NH4NO3.....45 %

V Anglii se pro granáty používalo Baratolu TNT.....40 %
Ba(NO3)2.....60 %

Pro plnění dělostřeleckých granátů se používal Macardit :

TNT.....28 %

Pb(NO₃)₂.....72 %

V Americe se za 1.sv plnily ruční granáty a minometné střelivo trhavinou Trojan Explosive :

Nitroškrob.....23-27 %

Dusičnan Amonný.....31-35 %

Dusičnan Sodný.....36-40 %

dřevěné uhlí.....1,5-3 %

Tento materiál byl netavitelný,proto se plnil pěchováním dřevěnou tyčí.Dalším granulovaným nitroškrobovým materiálem k plnění ručních granátů byl Grenite :

Nitroškrob....97 %

Olej.....3 % .

Trhaviny a výbušné směsi 2

4.2.5. Nitroguanidin

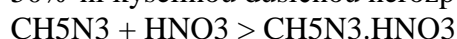
Příprava nitroguanidinu je poměrně jednoduchá. Nejprve se připraví guanidin působením amoniaku na roztok kyanimidu.

C N



NH₂

Postupuje se tak, že v rekcční nádobě přelejeme koncentrovaný roztok kyanamidu přebytkem zředěného roztoku amoniaku a směs necháme stát asi 24 hodin. Roztok odpaříme do sucha na vodní lázni, sušinu rozpustíme ve vodě a sfiltrujeme a znovu odpaříme do sucha. Odparek je guanidin. V další fázi rozpustíme guanidin ve vodě a z tohoto vodného roztoku vysrážíme asi 50%-ní kyselinou dusičnou nerozpustný dusičnan guanidinu.

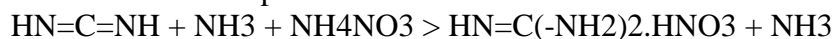


Podobně lze guanidin získat delším zahříváním rhodanidu amonného na 18-190°C. Reakce spočívá v tom, že se rhodanid v počátku přesmykne v thiomočovinu, která reaguje s další molekulou rhodanidu za vzniku guanidinu.



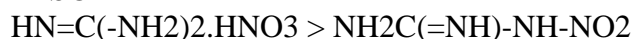
Čistý guanidin se připraví zahříváním rhodanidu amonného s dikyanidamidem. V průmyslové praxi se připravuje dusičnan guanidinu tak, že se zahřívá kyanamid vápníku, kyanamid nebo dikyanamid zahřívá 2 hodiny s amoniakem a dusičnanem amonným na 160°C a tlaku. Během reakce vzniká z kyanamidu za přítomnosti amoniaku dikyanidamid jako primární produkt.

Monomerní reakce probíhá takto:



V poslední fázi se na dusičnan guanidinu působí konc. kyselou sírovou, která po odejmutí 1 molekuly vody přemění dusičnan guanidinu na nitroguanidin.

H₂SO₄



- H₂O

Použití a vlastnosti nitroguanidinu:

Použití nitroguanidinu je v současnosti poněkud omezené. Nitroguanidin, jinak také guanit, G-Salz, tvoří bezbarvé jehličky. T.t. je asi 250°C (za rozkladu); je špatně rozpustný ve vodě i organických rozpuštědlech. Těžko detonuje. $V_{det} = 6775$ m/s (hust. 1,20 g/cm³). Málo citlivá trhavina. Je meziproductem výroby tetrazenu a nitroguanidinových prachů.

Nitroguanidinový prach (jinak také gudolový), je diglykolový nebo nitroglycerinový prach s velkou přísadou nitroguanidinu. Podobně se někdy používá dusičnan močoviny, nebo nitromočovina.

4.2.6. Tetryl

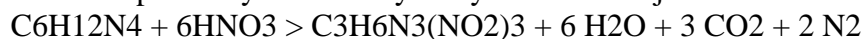
Tetryl, chemický název 2,4,6-trinitro-N-methylnitranilín, trinitrofenylmethylnitramin, je výbušninou, která se široce užívá jako sekundární náplň rozbušek a pro počinové náložky. Postup výroby lze v zásadě adaptovat na přípravu tetrylu v laboratorních podmínkách. Jde o prostou nitraci N-methylanilinu nebo N,N-dimethylanilinu přebytkem kyseliny dusičné v prostředí kyseliny sírové. Výrobní postup se provádí tak, že se N,N-dimethylanilin rozpustí ve velkém přebytku konc. kyseliny sírové a tento roztok se pak přidává do 98% kyseliny dusičné, která pak tvoří asi 30% reakční směs. Pokud chceme připravit tetryl v laboratoři, můžeme postupovat z N-methylanilinu, který se ovšem nitruje hůře než N,N-dimethylanilin. Postup je pak následující: 106 g N-methylanilinu, což je přibližně 1 mol, rozpustíme za chlazení a míchání v 840 g konc. kyseliny sírové, asi 8,6 mol, 467 ml. Tím se vytvoří síran N-dimethylanilinu, který je dobře rozpustný v nitrační směsi. V další fázi se tento roztok pomalu za neustálého chlazení a míchání do 285 g asi 98 %-ní kyseliny dusičné, asi 4,5 mol. Přidávání musí být pomalé a rovnoměrné, aby se zaručil dokonalý styk N-methylanilinu s přebytkem kyseliny dusičné. Při přidávání by se neměly uvolňovat oxidy dusíku, které vznikají oxidací při lokálním přehřívání. Tato reakční směs nyní obsahuje 30% kyseliny dusičné. Teplota se pak po nějakou dobu udržuje na 65-72°C. Po vyloučení tetrylu se reakční směs buď vlije do velkého množství studené vody s ledem, nebo se přímo tetryl separuje od reakční směsi filtrací. Po separaci se tetryl několikrát promyje studenou vodou a potom se krátce vaří s horkou vodou, aby se obsah zbylých kyselin redukoval na méně než 0,5%. Přebytečná voda se odstraní filtrací a tetryl se přečistí krystalizací z některého z následujících rozpouštědel, jako jsou benzen, aceton, nebo kyselina dusičná. Po odsátí od rozpouštědla se tetryl suší. Čistota tetrylu se určí stanovením bodu tání, který by podle předpisů neměl být nižší jak 128,75°C. Pokud tomu není, v rekrystalizaci se pokračuje tak dlouho, až výsledný produkt splňuje tuto podmínku. Pokud máme k dispozici N,N-dimethylanilín, můžeme vycházet z něho, přičemž jednotlivé molární poměry jsou shodné s poměry ve výše uvedeném postupu. Výhodou této druhé alternativy jsou vyšší výtěžky tetrylu.

Vlastnosti tetrylu:

Čistý tetryl tvoří žluté krystaly o hustotě asi 1,6. Je téměř nerozpustný ve vodě, ale rozpustný v alkoholu a etheru. Teplota tání se pohybuje mezi 129-130°C. Zahřátím nad teplotu tání se prudce rozkládá, přičemž při rychlém zahřátí nad 187°C exploduje. Je jedovatý, není však hydroskopický. Lisováním tetrylu se dosahuje hutnoty 1,68. Citlivost k nárazu při váze závaží 10 kg a výšce pádu 25 cm je 60%. Výduť v oloveném bloku je 340 - 390 ml. Brizance podle Hesse na Pb válečkách je 19 mm. $V_{det} = 7520$ při hustotě 1,63 až 1,65. Detonace při hustotě 1,63 probíhá ještě od rozbušky s 0,54 g třaskavé rtuti. Z tohoto je vidět, že tetryl je jednou z nejbrizantnějších trhavín, protože našel uplatnění při výrobě detonátorů a rozbušek. Tetryl se nehodí k plnění střel, protože jeho citlivost k mechanickým podnětům je relativně vysoká.

4.2.7. Hexogen a oktogen

Hexogen je považován za nejbrizantnější trhavinu, která našla širokého uplatnění vzhledem ke svému poměrně dobrému vlastnostem. Hexogen je hlavní trhavinou nahrazující tritol a jiné výbušné aromatické nitrolátky v těch státech, které nemají pro tyto výroby dostatečnou surovinovou základnu, např. Itálie, která nemá uhlí, a proto ani aromatické uhlovodíky. Výhodou této trhaviny je relativně dobrá dostupnost, protože se vyrábí z levných surovin. Existuje několik technologických postupů při výrobě hexogenu. Obecný postup, který lze uplatnit v laboratorních podmínkách je tento: Hexamethylentetramin, který se vyrábí kondenzací amoniaku s formaldehydem a který se také jinak nazývá urotropin, se po malých částech rozpuští ve velkém přebytku dýmavé kyseliny dusičné. Výtěžky cyklomethylentetraminu se pohybují okolo 70 až 75% teoretického množství. Výtěžky se nezlepší ani po přidání koncent. kyseliny dusičné nebo oxidu sírového. Pokud se ovšem použije dražšího oxidu fosforečného, lze výtěžky zvýšit až na 90%. Na rozdíl od nitrace aromatických uhlovodíků je zde zapotřebí minimální množství dehydratačního činidla. Vztaženo na množství prakticky bezvodé kyseliny dusičné činí jen asi 5%.



hexamethylen- hexogen

tetramin

Vyloučený hexogen se odsaje a na filtru několikrát promyje studenou vodou a překrystalizuje z acetonu. Bod tání hexogenu je 202°C.

Vlastnosti hexogenu:

Hexogen je moderní vysokobrizantní trhavina (cyklonit, RDX, T4, popř. podle způsobu výroby E-Salz, W-Salz, KA-Salz). Hexogen je nerozpustný ve vodě, špatně rozpustný v alkoholu a dobře rozpustný v acetonu. Je nejedovatý, avšak při dechování je zdraví škodlivý. Hustota hexogenu je 1,82. Citlivost k nárazu je o něco menší než u pentritu. PS = 450 až 520 ml. Při deformační zkoušce je váleček deformován úplně. 25 g nálož dosahuje stlačení 16 mm. $V_{det} = 7705 \text{ m/s}$ (hust. 1,45). Při hustotě 1,7 se detonační rychlost zvýší až na 8370 m/s. $Q_v = 5860 \text{ kJ/kg}$. Hexogen se nesmí odlévat, protože při t.t. se rozkládá a také jeho citlivost je značně vyšší. Do střeliva se proto lisuje. Hexogen se flegmatizuje voskem, nebo méně citlivými trhavinami, jako jsou např. TNT, dinitrotoluen apod. zároveň s flegmatizací ovšem klesá detonační rychlost a pracovní schopnost. Při plnění malorážových střel flegmatizovaných tritolem se hexogen ve směsi s tritolem zalévá do střel ohříváných na vodní lázni na 85°C a přitom se tritol roztaví a vyplňuje vzdušné mezery mezi krystaly hexogenu, čímž se dosahuje lepšího plnění. Oktogen (cyklomethylentetramin, HMX, T4) připravuje se ze stejných surovin jako hexogen a na stejném zařízení. Oktogen krystalizuje v několika modifikacích, které se od sebe liší hustotou. Vzhled má jako hexogen, je nerozp. ve vodě a je nehydrofobický. Rozpustnost v org. rozpouštědlech je podobná jako u hexogenu. od hexogenu se liší odolností k působení roztoku hydroxidu sodného. T.t. 270°C, teplota vzbuchu po 5 s 335°C. Oktogen předčí hexogen z hlediska chemické stability. PS = 450 ml. Používá se ve směsích trhavin v střelách a kumulativních náložích, počínových náložek a bleskovic pro práci za vyšších teplot (např. hutnictví).

4.2.8. Hexyl (hexanitrodifenylamin, dipikrylamin)

Hexyl je žlutá krystalická látka, jedovatá. Má povahu pseu-dokyseliny, což znamená, že má schopnost tvořit soli, z kterých je významná zejména amonná, tzv. nitrožluť, aurantia. Tyto jeho soli jsou také citlivé. Vyrábí se nitrací dinitrodifenylaminu, což je produkt kondenzace dinitrochlorbenzenu a anilinu. Hexyl taje při 245oC za rozkladu, je nerozpustný ve vodě, velmi špatně v alkoholu, je rozpustný v louzích a amoniaku. Hexyl patří mezi nejbrizantnější trhaviny. $V_{det} = 7100 \text{ m/s}$ při hustotě 1,64; PS = 325 až 350 ml. V zahraničí se hexyl používal k plnění mořských min a tor-péd ve směsi s tritolem, přičemž tato směs se jmenovala "novit" a obsahovala 40% TNT a 60% hexylu.

4.2.9 Dinitronaftalen

Technický dinitronaftalen je tvořen isomery, a to hlavně 1,5-dinitronaftalenem a 1,8-dinitronaftalene. Dinitronaftalen se vyrábí působením nitrační směsi za zvýšené teploty. Nitrace je podobná jako u dinitrobenzenu, s tím, že vlivem přítomnosti dvou kondenzovaných benzenových jader probíhá mnohem snadněji. Lze ho v laboratoři připravit tak, že se k jemně napráškovanému naftale-nu přidá přebytečné množství nitrační směsi, která obsahuje asi 50% kyseliny sírové, 30% kyseliny dusičné a 20% vody. Nitrace se pak provádí několik hodin při 80oC. Citlivost nitronaftalenu k detonaci je poměrně malá. Proto se ho samotného jako trhaviny nepoužívá. Používal se ve směsích s dusičnanem amonným a nebo kyselinou pikrovou. Dnes se používá ve směsi s vysokobrizantními trhavinami, které má za úkol flegma-tizovat, pokud je jejich citlivost příliš vysoká. Také je súčas-tí chloratitů, viz. dále.

4.2.10. Pikramid (trinitroanilín) a tetranitroanilín

Pikramid je nažloutlá látka, citlivá k detonaci, kterou lze vyrobit nejlépe z kyseliny pikrové její chloraci oxidem fosforeč- ným a následnou amonolýzou takto vzniklého 2,4,6-trinitrochlorbe nzeny. Tetranitroanilín lze vyrobit nitrací anilinu nitrační směsí. Praktické využití těchto trhavin není v současnosti příliš velké.

5. PYROTECHNIKA

Kapitoly: 5.1. Stručný úvod 5.2. Komponenty pyrotechnických složí 5.3. Požadavky na vlastnosti pyrotechnických složí, a jejich zkoušení 5.4. Výbušné slože 5.5. Osvětlovací slože 5.6. Zábleskové slože 5.7. Noční signální slože 5.8. Denní signální 5.9. Dýmotvorné slože 5.10. Stopovací (trasovací) slože 5.11. Zápalné slože 5.12. Rozněcovací slože 5.13. Civilní pyrotechnika

5.1. STRUČNÝ ÚVOD

Pyrotechnika, ohněstrůjství, se zabývá výrobou a zkoumáním pyrotechnických prostředků, což jsou směsi okysličovadel a paliv, popř. jiných látek, které těmto složím dodávají charakteristické vlastnosti. Mezi tyto pyrotechnické prostředky řadíme např. slože osvětlovací, zábleskové, stopovací, zápalné, zastírací a jiné, o kterých bude pojednáno v následujících kapitolách. Pyrotechniku můžeme rozdělit na vojenskou, kde se používají hlavně pyrotech-nické prostředky zápalné, osvětlovací aj., a na pyrotechniku ci-vilní, kde

patří prskavky, rakety, begálské ohně, deště, chvosty, vodopády apod. V následujících kapitolách se budu zabývat hlavně vojenskou pyrotechnikou, které složky mohou být takovou základní přípravou na pyrotechniku civilní, která vyžaduje nějaké základní znalosti v tomto oboru. Ohně se používalo jako bojového prostředku už v dávné minulosti, kdy to byly různé zápalné šípy apod. Potom nastoupila éra střelných zbraní, čímž se možnosti využití pyrotechniky zvětšily. S nástupem děl přišly dělové granáty, jako následek slabého účinku do těch dob používaného střeliva, které nemělo žádnou trhavu či zápalnou náplň. Nebudu se již dále zmiňovat o vývoji výbušnin, protože toto je náplní úvodu v první části knihy. Pokud jde přímo o pyrotechniku, hlavní součástí všech pyrotechnických prostředků byl černý prach, popř. některé jeho obměny, jako byl prach Bertholletův aj. Černý prach totiž poskytoval světelné efekty a mnoho dýmu, což má v pyrotechnice velké uplatnění. Potom přišly jiné směsi, které již poskytovaly charakteristickou barvu plamene. Pyrotechnika jako obor je velmi starý a datuje se od VIII. století, do které se datuje objev černého prachu. Pyrotechnika tedy má původ v Číně, kde byly vyráběny velké ohňostroje pro pobavení vladaře a císařského dvora. Ohněstrůjství se dále rozvíjelo v orientu, hlavně v arabských zemích a v Evropě především na francouzském dvoře za vlády Ludvíka XIV., kde měly ohňostroje sloužit pro zábavu dvořanstva. V této době také začíná vznikat větší množství publikací věnujících se tomuto oboru. K velkému rozvoji pyrotechniky došlo v průběhu 1. a 2. světové války, kdy se používaly různé zábleskové, osvětlovací, zastírací aj. složky. Můžeme připomenout smutné využití zápalných bomb při útoku Němců na Londýn, nebo při náletu amerického letectva na některá japonská města, kde bylo svrženo mnoho zápalných bomb s bílým fosforem a napalmem. Dále již tedy o pyrotechnických složkách podrobně.

5.2. KOMPONENTY PYROTECHNICKÝCH SLOŽEK

Všechny pyrotechnické složky jsou vlastně heterogenní směsi, které se skládají ze dvou hlavních složek, tj. okysličovadel a paliv. Potom tyto pyrotechnické směsi obsahují jiné látky, které jim dodávají charakteristické vlastnosti, popř. zlepšují jejich mechanické vlastnosti a tím i manipulaci s nimi (pojiva). a/ okysličovadla Okysličovadla jsou látky, které jsou schopné při vyšší teplotě uvolňovat kyslík a poskytovat ho pro hoření paliv, které ho ke svému hoření bez přístupu vzduchu potřebují. Okysličovadly mohou být dusičnany, chlorečnany, chloristany a oxidy, popř. peroxyidy kovů. Stále nejpoužívanějšími okysličovadly v pyrotechnických složkách jsou dusičnany, protože jsou poměrně levné a mají ze všech okysličovadel nejvhodnější vlastnosti pro použití jako složek pyrotechnických prostředků. Nejpoužívanějším dusičnanem je dusičnan draselný, kterého se spotřebuje velké množství při výrobě černého střelného prachu. Objemem spotřeby by ho mohl ještě předstihnout dusičnan amonný, který ovšem nemá přímého využití v pyrotechnice, spíše se užívá při výrobě průmyslových trhavin. Pak je to dusičnan sodný, který i když je ještě levnější než dusičnan draselný a oproti němu je schopen uvolnit větší množství kyslíku má velkou nevýhodu v tom, že je hyroskopický, a proto se používá tam, kde velká navlhavost není na závadu, popř. se tyto směsi s dusičnanem sodným či jinými hyroskopickými okysličovadly míchají s terpenem nebo se povrch zrn prachu grafituje. Z dusičnanu pak nalezneme ještě uplatnění dusičnanu barnatého a strotnatého. Dusičnan barnatý se používá mimo jiné jako složka nekorozivních zápalek a některý důležitý bezpečný průmyslový trhavina. Jinak v pyrotechnice spočívá jeho využití do bengálských ohňů a barevných světlic, kde přítomnost ionu barya způsobuje zelenožluté zbarvení plamene. Podobné využití má i dusičnan strotnatý, který zbarvuje plamen červeně. Malého využití má ještě dusičnan zirkoničitý, který ve směsi s práškovým hořčíkem nebo zirkoniem slouží jako blesková složka při fotografování. Velkého využití v pyrotechnice mají i chlorečnany a poněkud menší chloristany. Tyto látky jsou složkami chloratitu, což jsou, jak bylo uvedeno v minulé kapitole, trhaviny kde dusičnan

amonný byl nahrazen chlorečnanem. Z chlorečnanů se používá hlavně chlorečnan draselný, který se vyrábí zaváděním chloru do horkého roztoku chloridu draselného a vápenného mléka, popř. hydroxidu draselného, nebo elektrolýzou horkého nasyceného roztoku chloridu draselného, kde katodový a anodový prostor elektrolyzeru není oddělen diafragmou. Jinak lze také chlorečnan draselný získat konverzí horkých nasycených roztoků chlorečnanu sodného a chloridu draselného, kdy z roztoku po ochlazení vykrystalizuje chlorečnan draselný, zatímco chlorid sodný, který je rozpustnější, zůstane v roztoku. Chlorečnan draselný není hydroskopický a při zahřívání na asi 320-350°C disproportionuje na chloristan draselný. Při zahřívání na 400°C se rozkládá na chlorid draselný a kyslík. Při rychlém zahřátí, např. naletím malého množství roztaveného chlorečnanu na rozžhavenou železnou desku exploduje. Chlorečnan draselný je mohutné okysličovadlo, avšak jeho směsi jsou nebezpečné při manipulaci, vzhledem k mechanické citlivosti. Někdy se používá i chlorečnan sodný, který je ovšem podobně jako dusičnan sodný silně hydroskopický. Proto chlorečnan sodný našel uplatnění jako herbicid. Jeho směs 1:1 hmotnostně se prodává pod obchodním názvem TRAVEX, ze kterého je ho možno krystalizací izolovat. Postup může být následující, a to že se rozpustí TRAVEX ve vroucí vodě až utvoří nasycený roztok. V roztoku může být obsažena i pevná látka, protože chlorečnan sodný je za horka několikanásobně víc rozpustný než chlorid sodný. Potom se roztok odpařuje až na objem, ve kterém se je schopno při 100°C rozpustit známé množství chlorečnanu sodného. Vyloučený chlorid sodný se ještě za horka odfiltruje. Roztok s chlorečnanem se pak odpaří a chlorečnan sodný, který obsahuje pouze několik málo procent chloridu sodného se vysuší a uchovává na suchém místě. Chloristany našly hlavního uplatnění jako složky raketových motorů spolu s palivou jako asfalt aj. Hlavně se používá chloristan draselný, amonný a v raketové technice i lithný, který je schopen uvolnit velké množství kyslíku, což je důsledek malé relativní atom. hm. lithia. Jako okysličovadlo slouží i oxidy a peroxidy. Jsou to např. oxidy olova: oxid olovičitý, suřík (oxid olovnato-olovičitý); oxidy manganu: oxid manganičitý, popř. manganistý; oxidy železa: oxid železitý, železato-železitý, které našly uplatnění při výrobě thermitu a jiných zápalných složí. Jejich využití je i jako minerální barviva do průmyslových trhavin. Z peroxidu je to hlavně peroxid bárnatý. Jiné, méně významné okysličovadla jsou např. soli kyseliny manganisté, z nichž má největší uplatnění manganistan draselný. Do kapalných trhavin, o kterých již byla zmínka se používá jako okysličovadel kapalného kyslíku, ozonu, 100%-ní kyseliny dusičné, kapalného oxidu dusičitého, fluoru, 100%-ního peroxidu vodíku aj. b/ paliva Paliva mohou být jak organické, tak i anorganické látky. Anorganická paliva jsou hlavně kovy, které se vyznačují vysokou výhřevností. Používá se hliník, hořčík, železo a popř. zirkonium. Teplota, která vzniká při hoření těchto kovů je mnohem vyšší než u jiných paliv, a proto se jich používá jako paliv do pyrotechnických složí, kde je tohoto potřeba. Např. tedy složky osvětlovací, výbušné, zábleskové, trasovací, zápalné. Ve světlicích je jejich výhodou jejich velká svítivost. Hořčík a zirkonium jsou velmi reaktivní a s vodou nebo vzduchem se již pokrývají tenkou vrstvou oxidu či hydroxidu. Hliník je kujný kov, což ztěžuje jeho rozemletí. Proto se používá při jeho práškování jiných způsobů. Jedním z nich je rozprašování roztaveného hliníku do vakua, přičemž podobně se vyrábí i práškový hořčík. Jiný způsob, který lze aplikovat i do laboratorních podmínek je následující: V elektrické peci roztavíme kusový hliník. Ten potom mícháme rychle suchou dřevěnou tyčí impregnovanou vodním sklem tak dlouho, až hliník ztuhne do podoby hliníkové krupice o velikosti zrn asi jako semeno máku (pozn. čím rychleji se hliník míchá, tím menší je výsledné zrno a tím více hliníkové prachu vznikne). Krupici přesejeme přes síto požadované jemnosti. Tento postup se nedoporučuje provádět u hořčíku, který se mnohem snadněji za vyšších teplot okysličuje, přičemž by mohlo dojít k jeho náhlému vzplanutí a úrazu. Mletím lze zpracovávat až některé slitiny hořčíku a hliníku. Slitina, která je velmi křehká a může být mleta v kulových mlýnech je např. o složení 30-

70% hořčíku. Velmi křehká je slitina o obsahu 50% hořčíku, což umožňuje její dobré rozemletí. Slitina o obsahu 8% hliníku se nazývá elektron a používá se na obaly zápalných bomb. Jako anorganické palivo slouží i dřevné uhlí a síra, které jsou složkami černého prachu. Z organických paliv, kterých je velké množství mají největší význam tyto: sacharóza, laktoza, dextrin, škrob, dřevné piliny a pryskyřice, jako např. kalfuna, šelak, iditol, bakelit, fermež a uhlovodíky jako benzín, naftalen, nafta, petrolej, terpentín aj. Hořlaviny tohoto typu se vyznačují sice vysokou výhřevností, ale mnohem menší teplotou plamene. Z toho vyplývá i jejich použití, např. v denních signálních prostředcích a jiných dýmotvorných směsích, které nesmí mít vysokou teplotu, aby nedošlo k rozkladu vlastní dýmotvorné složky, kterými jsou většinou barviva, viz. příslušná kapitola. Tyto paliva jsou i součástí složení slzotvorných, popř. plynových granátů, kde nesmí dojít k rozkladu příslušné chemické látky. Tyto složky jsou velmi podobné složením zastíracím. Původ jednotlivých pryskyřic: Kalafuna - zůstává jako zbytek v destilačním kotli, přeháníme-li terpentínovou silici vodní párou. Při destilaci bez použití páry se získá kalafuna černé barvy. Šelak - tvoří se jako povlak na větvích některých tropických stromů po bodnutí červcem. Šelak měkne při teplotě mezi 70-100°C. Iditol - syntetická pryskyřice (umělý šelak), která se získává kondenzací fenolu a formaldehydu. Měkne při teplotě max. 90-97°C. Je ve vodě nerozpustný. Bakelit - jiný druh syntetické pryskyřice obdobného složení jako iditol, avšak jiné struktury. Vyrábí se podobně, ale za jiných reakčních podmínek. Pevnost mechanických složení s bakelitem je větší než u jiných pojidel. Fermež - získává se

zahříváním konopného nebo lněného oleje na 220-280°C. K urychlení vysychání se přidávají tzv. sikativy, což jsou nejčastěji soli kobaltu. V pyrotechnice se většinou používá fermeže bez sikativů. Fermež dobře potahuje částice složky a tuhnoucí povlak dobře chrání před vlhkostí a jiných atmosférických vlivů. Další složkou pyrotechnických prostředků jsou látky barvicí plamen. Vlastnost barvit plamen má mnoho kationů, jako např. barvitý, sodný, draselný, lithný, strotnatý, měďný aj. Tyto kationy jsou buď přímo složkou oxidizovačla - dusičnan draselný, sodný, barnatý, strotnatý, popř. příslušné chlorečnany, nebo jsou používány v podobě jiných solí, jako např. šřavelan, uhličitan aj., jejichž použití dává někdy lepší výsledky. K zvýraznění barvy plamene se k těmto pyrotechnickým složením mnohdy přidává malé procento hořčíku nebo hliníku, které zvětšují teplotu plamene a tedy i disociační mohutnost. U zastíracích a denních signálních složení se jako barvicí látky používá některého sublimujícího barviva, jako jsou indigo aj. organické barviva, popř. anorganickou sůl jako je chlorid amonný.

5.3. POŽADAVKY NA VLASTNOSTI PYROTECHNICKÝCH SLOŽÍ, JEJICH VLASTNOSTI A ZKOUŠENÍ

Pyrotechnické složky by měly splňovat tyto požadavky: 1. Požadovaný pyrotechnický efekt během určitého časového okamžiku. 2. Minimální citlivost k mechanickým podnětům a maximální bezpečnost při výrobě a používání. 3. Při dlouhodobém uložení dostatečná fyzikálně-chemická stabilita. 4. Stálost vzhledem k vnějším tepelným vlivům, tj. složky se nesmí vznítit od dopadu jiskry. 5. Jednoduchost výrobního procesu. 6. Dostupný materiál k jejich výrobě v dostatečném množství. Pyrotechnické složky jsou základním materiálem pro výrobu pyrotechnických prostředků. Na pyrotechnické prostředky se kladou tyto všeobecné požadavky: 1. Požadovaný pyrotechnický efekt při použití. 2. Bezpečnost při manipulaci s nimi. 3. Necitlivost na průstřel puškovou střílou. 4. Dlouhodobá stabilita (po několik let). 5. Jednoduchost procesu jejich výroby. Zkoušení pyrotechnických složení se děje tak, že si všímáme některých jejich nejdůležitějších vlastností. Tyto vlastnosti jsou: a/ Citlivost k mechanickým podnětům, přičemž zde patří: - citlivost k nárazu - citlivost ke tření - citlivost k nápichu b/ Citlivost k počátečnímu tepelnému impulzu, kde se sleduje: - teplota vzbuchu -

citlivost k plameni (schopnost zapálení zápalnicí nebo stopinou) c/ Stabilita během určitého časového intervalu za různých atmosferických podmínek. Zde se sleduje navlhavost a jiné zkoušky, které mohou trvat i několik měsíců

5.4. VÝBUŠNÉ SLOŽE

Výbušné složky jsou takové, které podobně jako trhaviny nebo třaskaviny jsou schopny detonovat. Složkou těchto pyrotechnických složí mohou být i samotné třaskaviny, které ovšem musí splňovat nezbytné podmínky, jenž se pak kladou na pyrotechnické složky. Takovéto třaskavé složky jsou např. v zápalkách nábojů. Jako třaskavou složku můžeme použít směs pikranu olovnatého s chlorečnanem nebo dusičnanem, popř. fulminátu stříbrného s surmou a oxidem olovičitým nebo chlorečnanem draselným. Síra způsobuje větší nestabilitu takovéto složky, pokud ji obsahuje. Fulminátu stříbrného lze použít i samotného do raket s třaskavou náplní. Ostatní používané třaskavé složky se většinou chovají jako střeliviny, tj. po iniciaci zapálením pouze prudce vzbuchnou s tlumeným výbuchem. Tyto složky mohou mít různé složení. Např. chlorečnan draselný70 (hm.%) červený fosfor30 Tato směs je velmi citlivá k mechanickým a tepelným podnětům, takže její používání se musí omezit pouze na malá množství. Mísení takovéto směsi se musí dít za mokra. Pokud se tato směs umístí do lepenkové trubice na obou stranách uzavřené, pouze s otvorem pro stopinu, dojde po iniciaci k explozi se silným akustickým efektem. Směs může být podobně odpálena pomocí elektrického palníku. Pokud k této směsi přidáme trochu skelného prachu, zvýšíme citlivost k mechanickým podnětům a směs pak suchá exploduje při nárazu. Při výbuchu se vyvíjí hustý dým vzniklého oxidu fosforečného, což zlepšuje celkový optický efekt exploze. Další podobně se chovající, ale z hlediska manipulace bezpečnější, avšak reaktivně dražší je směs následujícího složení: manganistan draselný50 (obj.%) práškový hliník50 Přesný poměr je nutno stanovit experimentálně, kdy postupně k jemně mletému manganistanu přidáváme práškový hliník, přičemž vždy po přidání určitého množství hliníku směs důkladně promícháme v polyethylenové láhvi a zapálením sledujeme maximální efekt, který by se měl projevit prudkým vzbuchnutím s tlumeným akustickým efektem. Nevýhodou této složky je, že ji nelze používat v uzavřených prostorech, protože při explozi nechává manganistan draselný, který nezregoval červené skvrny, které se těžko odstraňují. Tuto nevýhodu odstraníme tak, že místo manganistanu použijeme minium, čili oxid olovnato-olovičitý, který má ovšem o něco horší pyrotechnický efekt a také k jeho zapálení je nutno silného tepelného počínu a není ho možno běžně zapálit zápalkou. Této druhé směsi lze použít i do pyrotechnických výbušných prostředků, které detonují po dobaďu na nějaký tvrdý materiál. Postup přípravy takového pyrotechnického prostředku je následující: K 50 g této směsi přidáme asi tři kousky křemene. Pak tuto směs zabalíme do hliníkové folie, popř. ji ještě obtočíme asi jednou vrstvou textilní lepicí pásky. Při hodů takového pyrotechnického prostředku na tvrdou podložku dojde k explozi se silným akustickým efektem. Za výbušnou složku lze vlastně považovat i složky bleskové, které podobně jako předcházející po uzavření do obalu, kterým je lepenka nebo Al-folie explodují se silným zvukovým efektem. Pro zajímavost uvedu ještě jednu často používanou pyrotechnickou složku, která má složení: chlorečnan draselný64 práškový hliník35 práškový hořčík1 K roznětu střelného prachu se používala výbušná směs chlorečnanu draselného a surmy. Na závěr této kapitoly zbývá ještě podotknout, že všechny tyto uvedené výbušné směsi detonují podobně jako trhaviny po iniciaci rozbuškou či bleskovicí.

5.5. OSVĚTLOVACÍ SLOŽE

Osvětlovací složky jsou takové složky, kterými se docílí jasného osvětlení terénu o velké ploše, přičemž se vyžaduje, aby taková složka poskytovala co nejjasnější a nejintenzivnější světlo plamene při hoření. K sestavení osvětlovacích složek se používá těchto látek těchto: -

okysličivadla - paliva - pojidla - luminiscenční příměsi, které mají za úkol zvýšit jas plamene. Při výběru jednotlivých složek se řídíme těmito úvahami: Jako okysličivadla se nepoužívají chlorečnany, protože způsobují rychlé hoření směsi a takovéto směsi jsou potom manipulačně nebezpečné. Do osvětlovacích složek se tedy přednostně používá dusičnanu barnatého, který je nehydrokopický. Na intenzitu plamene má největší vliv teplota plamene, kterou lze nejlépe ovlivnit použitím vhodné hořlaviny. Největší teplota plamene při hoření poskytují práškové kovy, z nichž se používá hlavně hliník a hořčík. Při jejich hoření totiž vznikají tuhé oxidy, které mají také pozitivní vliv na intenzitu záření. Pojidla se přidávají k těmto směsím z důvodu zlepšení jejich fyzikálních a mechanických vlastností. Protože ovšem pojidla nepříznivě ovlivňují celkový efekt, přidává se jich pouze do několika málo procent. K používaným pojidlům patří iditol, bakelit, roztok kalafuny ve fermeži (fermež při uskladnění tuhne, čímž dodává složce mechanickou pevnost). Pojidla také slouží k zpomalení pochodu hoření. Obsah pojidla nesmí převyšovat 6%, což však nestačí k zpomalení hoření, a proto se část hořlaviny zavádí v podobě krupice, tj. hrubě zrnitého prachu. K zpomalení hoření se také používá zvětšení lisovacího tlaku, který se běžně pohybuje od 500-1000 kg/cm². Do světlic se lisuje složka pod tlakem vyšším, a to 2000-3000 kg/cm². Při iniciaci osvětlovacích složek je třeba vzhledem k velkému lisovacímu tlaku a použití kovových hořlavin silnějšího počínu. Směs na zapálení světlice bude uvedena v kapitole 5.12. Zde uvádím několik příkladů složení osvětlovacích složek.

.....66 (hm.%) hořčík30 šelak4 slož č.1 dusičnan barnatý
.....68 hliník28 šelak4 slož č.2 dusičnan barnatý
.....18 hořčík4 fermež3 slož č.3 dusičnan barnatý
.....80 hliník15 fermež6 nad 100% moučkový černý prach

Slož č.4, která se užívá ve střelách systému Pogrebnakov obsahuje 5% příměs černého prachu pro usnadnění iniciace. Složení další osvětlovací složky je uvedeno v tabulce č. .

5.6. ZÁBLESKOVÉ SLOŽKY

Zábleskové složky jsou v podstatě osvětlovací složky, jejichž rozdíl spočívá v tom, že zatímco na osvětlovací složce se klade nárok dlouhého osvětlovacího účinku, zábleskové složky, jak již z názvu vyplývá, mají uvolnit co největší množství světelné energie ve velice krátkém časovém intervalu. Tento časový interval je asi jedna setina sekundy. Na zábleskové složce se kladou tyto požadavky: Směs musí vyzařovat obrovské množství světelné energie. Musí hořet velkou rychlostí. Ve zplodinách hoření musí být obsaženo velké množství pevných částic, které vydávají záření. Plamen musí mít vysokou teplotu. Některé z těchto podmínek jsou shodné s podmínkami uvedenými u osvětlovacích složek. Podle toho se také bude řídit výběr jednotlivých složek. Ve složkách nebudou obsaženy chlorečnany, vzhledem k možnosti explozivního charakteru přeměny. Jako okysličivadla budou opět sloužit dusičnany. Na palivo jsou kladeny vysoké požadavky, kterým nejlépe vyhovuje práškový hořčík a zirkonium. Práškový hliník není schopen hořet potřebnou rychlostí a proto se nepoužívá. Nejvíce se užívá složek, které se skládají z dusičnanu barnatého či strotnatého a práškového hořčíku či zirkonia. Pokud použijeme jako palivo zirkonium, můžeme jako okysličivadlo použít dusičnan zirkoničitý. Lze také použít i jiných okysličivadel, jak ukazuje následující příklad: peroxid barnatý55 (hm.%) hliník11 hořčík34

Zábleskové složky se většinou neumísťují do žádných obalů, protože explozivní hoření by mohlo přejít v detonaci, a také proto, protože během roztržení obalu by se

ztratilo mnoho světelné energie.