

Detection of High-energy Materials for Fire Investigation Expert Opinions

Detekce vysoce energetických materiálů pro účely zjišťování příčin vzniku požárů

Miroslava Nejtková^{1,*}

¹ Miroslava Nejtková, Ministry of the Interior – Directorate General Fire Rescue Service Czech republic, Population Protection Institute, Czech republic, e-mail: miroslava.nejtkova@ioolb.izscr.cz

* Corresponding author: miroslava.nejtkova@ioolb.izscr.cz

Short Report

Received: October 18, 2019; Accepted: December 02, 2019; Published: December 31, 2019

Abstract

The Fire Rescue Service investigates the causes of fires and in some cases, when there is proof of abnormal development of a fire by explosion or spreading of a fire at high speed, it is necessary to consider the possibility that high-energy materials were present at the site of the fire. Various instruments that employ various methods are used to determine whether a given material is an industrial explosive or a substance capable of deflagration or detonation. One of them is also the FIDO X3 instrument which is based on the Amplifying Fluorescent Polymer. The possibilities of FIDO X3 instrument involvement in fire and explosion investigation is demonstrated on example of two case studies in this paper.

Keywords: Fire Danger; Fire Statistics; Exhaust Gas Temperature; Agricultural Crops

1 Introduction

Integrated Rescue System units are aware of the increased risk of terrorist attacks using explosives or explosive traps. As a result, Integrated Rescue System units have developed a typical joint intervention for “STČ 03/IRS Threats using explosive traps or finding of explosive traps, suspicious objects, munition, explosives and explosive objects”. This document gives a detailed account of the principles of cooperation at the site of the incident and delineates the competences and tasks of each unit. The safety measures and intervention site segmentation were developed with the aims of maximum elimination of possible negative consequences and maximum efficiency in intervention implementation.

1 Úvod

Složky integrovaného záchranného systému si uvědomují nárůst hrozeb teroristického útoku prostřednictvím výbušnin či nástražných výbušných systémů. Z tohoto důvodu byla vypracována typová činnost složek integrovaného záchranného systému při společném zásahu STČ 03/IZS Hrozba použití NVS nebo nález NVS, podezřelého předmětu, munice, výbušnin a výbušných předmětů. V uvedeném dokumentu jsou podrobně stanoveny zásady spolupráce na místa události, vymezeny kompetence, úkoly jednotlivých složek. Stanovena bezpečnostní opatření a členění místa zásahu tak, aby se co nejvíce eliminovaly možné negativní následky a zásah byl proveden co nejefektivněji.

The Fire Rescue Service investigates the causes of fires and in some cases, when there is proof of abnormal development of a fire by explosion or spreading of a fire at high speed, it is necessary to consider the possibility that high-energy materials were present at the site of the fire. There is justifiable reason to expect these materials in premises and workplaces where these materials are produced or processed. These substances may also be legitimately present in apartments or houses where the users legally own weapons such as hunting weapons and produce ammunition themselves.

Various instruments that employ various methods are used to determine whether a given material is an industrial explosive or a substance capable of deflagration or detonation. Table 1 gives an overview of portable analytical instruments and methods capable of detecting organic and inorganic explosives [1].

Hasičský záchranný sbor provádí zjišťování příčin vzniku požáru a v některých případech, kdy bylo prokázáno nestandardní rozšíření požáru výbuchem nebo šíření požáru vysokou rychlostí, je třeba se zabývat i verzí, že na místě požáru byly přítomny energetické materiály. Tyto materiály můžeme opodstatněně očekávat v prostorách a provozech, kde se s těmito materiály pracuje (výroba a zpracování výbušnin a trhavin). Oprávněný výskyt těchto látek může být i v bytě nebo rodinném domě, jehož uživatelé jsou legálními držiteli zbraní například loveckých a sami si vyrábějí střelivo.

Pro určení, zda se jedná o průmyslovou výbušninu, či látku, která je schopna deflagrace, detonace se používají různé přístroje pracující na různých metodách. Pro informaci je v tabulce č. 1 uveden přehled přenosných analytických přístrojů, používaných metod, které jsou o schopny detekovat organické či anorganické výbušniny.

Table 1 Portable instruments to be used in fire and explosion investigation

Tabuľka 1 Přenosné přístroje aplikovatelné v zjišťování příčin vzniku požárů a explozí

Portable analytical technique/Přenosné analytické techniky	Ability to analyze organic and/or Inorganic explosives/ Schopnost analyzovat organické a anorganické výbušniny	
	Organic/organické	Inorganic/anorganické
Ion mobility spectrometry (IMS)/ Metoda iontové mobility - spektrometrie	Yes/Áno	Yes/Áno
Gas chromatography coupled with IMS (GC-IMS)/Plynová chromatografie spojená s IMS	Yes/Áno	No/Nie
Gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS)/ Plynová chromatografie spojená s hmotnostní spektrometrií	Yes/Áno	No/Nie
Gas chromatography coupled with chemiluminescent detector (GC-CL); Thermal energy analyzer (GC-TEA)/ Plynová chromatografie spojená s chemiluminiscenčním detektorem (GC-CL); analyzátor tepelné energie (GC-TEA)	Yes/Áno	No/Nie
Gas chromatography coupled with a surface acoustic wave detector (GC-SAW)/Plynová chromatografie spojená s povrchovou akustickou vlnovou (GC-SAW)	Yes/Áno	No/Nie
Ion chromatography (IC)/ Iontová chromatografie	No/Nie	Yes/Áno
FTIR spectroscopy ^a /spektrokopia	Yes/Áno	Yes/Áno
RAMAN spectroscopy ^{a,b} /spektroskopie	Yes/Áno	Yes/Áno

^{a, b} Techniques only amenable to bulk analysis (not trace material)/
^ψ IMS detection limited to nitrate-based inorganic explosives only/

The Fido X3 explosives trace detector

The FRS CR and the Population Protection Institute have recently purchased a explosives trace detector FIDO X3.

The technology used in the FIDO X3 is based on the Amplifying Fluorescent Polymer, which works on the principle of chemical sensors that are bonded to a polymer chain. When a target molecule of a high-energy material reacts with a chemical sensor, the fluorescence (fluorescence gain or attenuation) of the whole chain on which the sensor is bound changes. This allows the system to achieve ultra-high sensitivity, since the interactions of each target molecule cause a higher-order response than non-cross-linked chemical sensors. [2]

This instrument enables fast identification of threats posed by high-energy materials. This instrument is typically used to protect buildings and people. It can also be used to examine premises, buildings and vehicles to assess the potential presence of improvised explosive devices (IED). The FIDO X3's ultra-trace sensitivity enables detection of secondary contamination, which is the contamination of surfaces that have been recently exposed to explosives. This can be useful during investigation and detection of preparations for a terrorist attack or criminal act using IED. Where monitored individuals are suspected of such activity, the instrument can prove whether or not they have come into contact with explosives during the past few hours.

Case study 1

A Fire Rescue Service investigator was summoned to an investigation of the cause of an explosion with a subsequent fire in a family home. According to the user's statement, when placing fuel into the solid fuel furnace she added black powder residues.

Outputs from the individual measurements are as follows:

1. FIDO X3 explosives trace detector – military explosive
2. MX908 high-pressure mass spectrometer for detection of hazardous substances – explosive, specifically black powder

Detektor ultra stopových koncentrací výbušnin FIDO X3

HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva v posledních letech pořídil přístroj na detekci ultra stopových částí výbušnin. Konkrétně se jedná o výrobek firmy FLIR, a to FIDO X3.

Technologie použitá v modelu FIDO X3 je založena na zesilovacím fluorescenčním polymeru, který pracuje na principu chemických senzorů, které jsou vázány k polymernímu řetězci. Cílová molekula vysoce energetického materiálu reaguje s chemickým senzorem, pak změní se fluorescence (zesílení nebo zeslabení) celého řetězce, na kterém je senzor vázán. To umožňuje systému dosáhnout velmi vysoké citlivosti, protože interakce každé cílové molekuly způsobují reakci vyššího řádu než nesetřené chemické senzory. [2]

Tento přístroj umožňuje rychlou identifikaci hrozby vysoce energetického materiálu. Obvykle se přístroj využívá pro ochrany objektů a osob. Zařízení může být také použito k prozkoumání prostoru, budov a vozidel z hlediska skladovací kapacity IED. Ultra-stopová citlivost zařízení umožňuje detekci tzv. sekundární kontaminace. To znamená, že kontaminace povrchů, které se s výbušninou setkaly v nedávné minulosti. To může být prospěšné při vyšetřování a odhalování probíhajících příprav na teroristický útok nebo trestný čin s použitím IED. Je-li podezření na kontrolované osoby, lze prokázat, zda byly v posledních hodinách vystaveny výbušnině.

Případová studie 1

Vyšetřovatel hasičského záchranného sboru byl přivolán k šetření příčiny vzniku výbuchu s následným požárem v rodinném domě. Dle sdělení uživatelky při přikládání paliva do kotle na tuhá paliva přidala i zbytky černého prachu. Na obr. č. 1 je zobrazena dřevěná bedna se zbytky černého prachu.

K detekci a analýze odebraného vzorku byly použity tyto analýzy na přístrojích a výstupy jsou následující:

1. Detektor ultra stopových koncentrací výbušnin FIDO X3 - vojenská výbušnina
2. Vysokotlaký hmotnostní spektrometr pro detekci nebezpečných látek MX908 - výbušnina, konkrétně černý prach
3. ED-XRF spektrometr SER-01 Elva X (rentgenový laboratorní přístroj) -

3. EDXRF spectrometer, SER-01 Elva X model – identified potassium 99.240%, sulphur 0.119%, iron 0.641%

4. Spatula flame test – the substance sparked, then burned with an orange flame, which is evidence of an explosive (fuse, black powder).

On the basis of the above conclusions, it was determined that the collected sample was indeed black powder. [3]

Case study 2

In the second case there was an explosion with a subsequent fire in a building that was used for business activities. On the ground floor there was a locksmith's workshop and on the second above-ground floor there was a shop selling paints and varnishes. During the explosion and subsequent fire, the load-bearing wall separating the workshop from the corridor on the first above-ground floor was damaged.

Outputs from individual measurements:

1. GC/MS analysis

A) None of the identified substances confirms the presence of fire accelerants or explosives in the provided sample.

B). The presence of a flammable liquid was not confirmed.

2. Detection of explosives with Fido X3 – The presence of explosives was not detected.

3. Detection of explosives with the MX908 detector – No substances registered in the instrument library were identified.

4. FTIR Analysis – By comparing the measured spectrum with the spectra in the instrument library, nitrocellulose was identified in the sample. It is an extremely flammable and explosive substance.

5. Characterization tests

a) Spatula test – after exposure to flame, the substance immediately burned with a bright yellow, odourless flame, orange sparks were observed in the flame. The substance burned without any combustible residues.

b) Solubility in water and selected organic solvents. Solvents were selected according to the literature [4] describing the properties of nitrocellulose. Based on the solubility in individual solvents, it was concluded that nitrocellulose was present.

Based on the above conclusions from individual methods, it was determined that the sample contained nitrocellulose. [3]

identifikovány prvky draslík 99,240%, síra 0,119%, železo 0,641%

4. Terénní analýza látek neznámého složení soupravou PCHL-CO, 2. díl (kopistkový test) – látka zajiskřila, dále hořela oranžovým plamenem – pozitivní důkaz výbušniny (zápalnice, černý prach).

Na základě uvedených závěrů bylo vyhodnoceno, že odebraný vzorek byl skutečně černý prach. [3]

Případová studie 2

V druhém případě došlo k výbuchu s následným požárem v objektu, který sloužil k podnikatelské činnosti. V přízemí se nacházela zámečnická dílna, v 2. nadzemním podlaží se nacházel prodej barev a laků. Během výbuchu s následným požárem došlo k poškození nosné stěny oddělující dílnu od chodby v 1. NP.

Výstupy z jednotlivých měření:

1. GC/MS analýza

A) Žádná z identifikovaných látek nepotvrzuje přítomnost akcelerantů hoření a výbušnin v dodaném vzorku.

B). Head-space s technikou SPME - Přítomnost hořlavé kapaliny nebyla potvrzena.

2. Detektor FIDO X3 – nebyla identifikována přítomnost výbušniny.

3. Detekce výbušnin detektorem MX908 - nebyla identifikována přítomnost žádné látky obsažené v knihovně přístroje.

4. FTIR analýza - porovnáním naměřeného spektra se spektry v knihovně přístroje byla ve vzorku identifikována nitrocelulóza. Jedná o extrémně hořlavou a výbušnou látku.

5. Charakterizační testy - analýza látek neznámého složení soupravou PCHL-CO

a) Kopistkový test - po iniciaci plamenem látka hoří okamžitě jasně žlutých plamenem bez zápachu, v plamenu jsou pozorovány oranžové jiskry. Látka shoří bez spalitelných zbytků, tedy pozitivní důkaz výbušniny.

b) Rozpustnost ve vodě a vybraných organických rozpouštědlech - Volba rozpouštědel podle odborné literatury [4], ve které jsou popsány vlastnosti nitrocelulózy. Dle rozpustnosti v jednotlivých rozpouštědlech byl určen závěr pozitivního důkazu přítomnosti nitrocelulózy.

Na základě uvedených závěrů z jednotlivých metod bylo vyhodnoceno, že odebraný vzorek obsahoval nitrocelulózu. [3]

Evaluation of the method of identification of explosives

Due to the fact that detection instruments and methods can falsely identify materials as explosives, it is advisable to combine several methods to avoid false identification. The potential of false negativity, where the explosive may not be detected during analysis, is a more serious risk. The ultra-trace sensitivity of the instrument guarantees a sizable chance of detecting explosives even in extremely small quantities. False negativity occurs with explosives which the instrument cannot detect or due to incorrect sample collection.

False positivity occurs when a chemical sensor is activated by harmless substances with a similar chemical reactivity to the screened explosives (aromatic nitro compounds in perfumes, sulphur and peroxides in commercial products, naphthalene, repellents, etc.) or, for example, in medical use of substances detected as explosives (nitro-glycerine).

Conclusion

In order to determine the causes of a fire, it is important to determine whether there were any high-energy materials present at the site of the fire, which can contribute both to the initiation and the intensive spreading of the fire. Explosion of some of the high-energy materials can cause damage to firewalls and consequently uncoordinated spread of fire in the building.

As part of state fire safety supervision, fire brigades carry out investigations of causes of fires and, in appropriate cases, collect samples from the site of a fire. The Ministry of the Interior, DG FRS CR, prepares expert opinions as part of fire investigations. Detection of high-energy materials is therefore essential to the correct determination of the causes of a fire.

References / Literatura

- [1] Beveridge, A.: Forensic Investigation of explosion, 2nd ed. ISBN 9781420087253. CRP Press 2011.
- [2] Fido X3 Administrator Training Jan 2016. 2.62. Wilsonville: FLIR, 2016.
- [3] Krykorková, M.: Fire technical expertise, GFRS, PPI, 2018
- [4] Merck Index (11th ed.). p. 8022.

Vyhodnocení metody identifikace výbušnin

Vzhledem k tomu, že i přístroje, resp. detekční metody mohou falešně označit materiály jako výbušniny, je vhodné provést kombinaci několika metod, tím se zajistí vyloučení falešné identifikace. Vyšším rizikem je výskyt falešné negativity, kdy výbušnina nemusí být detekována během detekce. Ultra-stopová citlivost přístroje zaručuje velkou šanci zachytit detekovatelné výbušniny i ve velmi malých množstvích. Falešná negativita se vyskytuje u výbušnin, které přístroj nedokáže detekovat nebo u nesprávného vzorkování.

Falešná pozitivita nastává, když je chemický senzor aktivován neškodnými látkami s podobnou chemickou reaktivitou na detekované výbušniny (aromatické nitrosloucheniny v parfémtech, síra a peroxidy ve výrobcích, naftalen, repelenty atd.) nebo například při lékařském použití detekovaných látek jako výbušniny (nitro-glycerin).

Závěr

Pro určení příčiny vzniku požáru je důležité, zda se na místě požáru vyskytovaly energetické materiály, které mohou jednak přispět k iniciaci požáru, ale také k jeho výraznému rozvoji. Výbuchem části energetických materiálů může dojít k poškození požárně dělicích konstrukcí a následně k nekoordinovanému šíření požáru v objektu.

Hasičské záchranné sbory provádějí v rámci státního požárního dozoru zjišťování příčin vzniku požárů a v odůvodněných případech provádí odběr vzorků z požářišť. Detekce energetických materiálu je proto nezbytná ke správnému stanovení příčiny vzniku požáru. Přestože se obvykle detektory ultra stopových koncentrací výbušnin používají k preventivnímu vyhledávání přítomných výbušnin, lze je využít i v rámci provádění požárně technických expertiz.