

TECHNIK KRYMINALISTYKI NA MIEJSCU WYBUCHU



*Największą zaletą prochu nie jest ani ogień wzniesiony wybuchem,
ani powstałe w jego wybuchu odłamki,
zdolne rozzerwać ludzkie ciało na strzępy,
lecz towarzyszące eksplozji dźwięk i błysk!
To one sieją panikę w oddziałach wroga!
Kōta Hirano¹*

Fot. 1. Zdj. Kasper Molski.

asp. szt. Kamila Poloczek

Zakład Szkoleń Specjalnych CSP

asp. Kasper Molski

Zakład Szkoleń Specjalnych CSP

Kontynuując „wybuchowy” aspekt pracy technika kryminalistyki², w poprzednim artykule ograniczony jedynie do rekonstrukcji SUW³, tym razem przyjrzymy się również miejscu, w którym doszło do wybuchu. Oględziny wykonywane na miejscach wybuchów, z uwagi na dynamikę procesów fizycznych oraz chemicznych, które tam zachodzą, są wyjątkowo trudne i skomplikowane. Ustalenie rodzaju materiału wybuchowego użytego przez sprawcę nie będzie stanowić podstawy do jego bezpośredniej identyfikacji, natomiast wymusza na osobach prowadzących oględziny poszukiwanie śladów oraz przedmiotów pozwalających na określenie szczegółów budowy urządzenia i sposobu zainicjowania wybuchu. Technika wykonania urządzenia, stopień jego komplikacji, sposób obróbki poszczególnych elementów świadczą o umiejętnościach oraz stopniu zaawansowania technicznego konstruktora SUW.

TEORIA WYBUCHU – PRZYPOMNIENIE

Najogólniej ujmując, można powiedzieć, że wybuch to bardzo szybko przebiegająca reakcja chemiczna, podczas której wydziela się ogromna ilość energii oddziałującej niszcząco⁴ na otoczenie. W artykule dotyczącym wypadków pojazdów oznakowanych jako ADR⁵ zostało powiedziane, iż wybuch jest to gwałtowny, nieodwracalny (w znaczeniu termodynamicznym) makroskopowy proces naruszenia stanu równowagi układu poprzez przemianę jego energii potencjalnej (energii cieplnej) w energię mechaniczną, a więc również i pracę (rozumianą tu jako ruch uporządkowany). Zmiana owego stanu równowagi jest obciążona znacznymi stratami: chemicznymi (30%), cieplnymi (40%)

oraz mechanicznymi (30%)⁶. Procesowi temu towarzyszy nagły, w uproszczeniu można przyjąć, iż skokowy, wzrost temperatury, co sprzyja rozprzestrzenianiu się gazów oraz wytwarzaniu sferycznej fali ciśnienia (pełniące rolę swoistej „fali uderzeniowej”), która z kolei w zamkniętych przestrzeniach, typu pomieszczenia lub zbiorniki, zostaje odbita od ścian, powodując dalszy wzrost ciśnienia, oraz skutkuje uszkodzeniami konstrukcyjnymi (fot. 2).

Oprócz powyższych zjawisk wybuchowi towarzyszy zwykle fala akustyczna⁷ (huk), a także promieniowanie elektromagnetyczne (błysk). W zależności od czynnika wywołującego wybuch mówimy o wybuchach fizycznych – wywołanych zjawiskami fizycznymi⁸ (fot. 3), jądrowych⁹ oraz chemicznych, mających postać reakcji egzotermicznych¹⁰.

OGLEDZINY MIEJSCA WYBUCHU



Fot. 2. Powybuchowe uszkodzenia konstrukcji budynku.
Zdj. K. Molski.

W swojej praktyce zawodowej technicy kryminalistyki mogą się również spotykać z wybuchami BLEVE¹¹, będącymi kombinacją wybuchu fizycznego i następującego po nim chemicznego wybuchu przestrzennego. Zjawisko to zostanie omówione szerzej w dalszej części artykułu. Reakcje chemiczne, prowadzące do powstawania wybuchów, można następująco pogrupować¹²:

Tab. 1. Wybuchowe reakcje chemiczne.

Przyczyna wybuchu	Przykład reakcji
wysoce energetyczne reakcje utleniania	szybko przebiegająca reakcja utleniania par węglowodorów w mieszaninie z powietrzem
szybki rozkład termiczny	rozkład saletry amonowej lub acetylenu
niekontrolowana polimeryzacja	poddanie działaniu wysokiej temperatury w zamkniętych pojemnikach 2,4 tolilenuodwizocyjanianu (diizocyjanian tolueno-2,4-diyłu) $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NCO})_2$ lub kwasu albo zasady na akroleinę $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$ (akrylaldehyd, 2-propenal)

Źródło: Archiwum Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytut Badawczy, Warszawa 1997 (aktualizacja 2007 r.), poz. 3811 oraz 3819.

Z kolei, biorąc pod uwagę mechanizm i prędkość przebiegu reakcji, wybuchy chemiczne dzielimy na deflagrację, eksplozję i detonację. W przypadku **deflagracji** spalanie wybuchowe przemieszcza się z prędkością poddźwiękową (w przedziale 10–100 m/s), temperatura płomienia wynosi 2000–3000 K¹³, co jeszcze bardziej zwiększa ciśnienie (fale ciśnienia) aż do wartości rzędu 700–10000 kPa (kilopaskali).



Fot. 4. Fragmentacja rury wskutek deflagracji. Zdj. K. Molski.

Detonacja występuje, gdy strefa reakcji rozchodzi się w przestrzeni z prędkością naddźwiękową, przy czym największe wartości notujemy dla stałych materiałów wybuchowych, dla mieszanin gazowych 1000–3000 m/s, dla niejednorodnych koloidalnych zawiesin cieczy w gazie (mgieł) oraz pyłów do 8000 m/s. Ciśnienie wówczas osiąga wartość 2000–40 000 kPa¹⁴. Charakterystycznym zjawiskiem dla detonacji jest pojawienie się fali uderzeniowej – powierzchni, na której skokowo zmieniają się fizyczne parametry otoczenia.

Przy czym charakterystycznym wyróżnikiem tej przemiany jest fakt, iż propagacja z prędkością większą od 1000 m/s oraz błyskawicznie wzrastające ciśnienie powodują powstanie leja (krateru) w miejscu detonacji.



Fot. 3. Kolejne etapy rozrywania balonu jako przykład wybuchu fizycznego (rozsadzenia). Zdj. K. Molski.



Fot. 5. Detonacja – fragmentacja rury. Zdj. K. Molski.



Fot. 7. Fragmentacja rury na skutek eksplozji. Zdj. K. Molski.



Fot. 6. Lej w podłożu betonowym. Zdj. K. Poloczek.



Fot. 8. Widoczne ślady okopceń – bilans ujemny, brak widocznych okopceń – bilans dodatni. Zdj. K. Molski.

Eksplozja to przemiana wybuchowa charakteryzująca się wartościami ciśnienia, prędkościami propagacji usytuowanymi w przedziale pomiędzy deflagacją a detonacją. Podobnie jak w przypadku deflagacji również w tym przypadku prędkość ta jest zmienna, a w zależności od warunków (takich jak zmiana gęstości, średnicy ziarnistości, rozdrobnienia), eksplozja może przejść w deflagację lub detonację.

W trakcie wybuchu dochodzi do przemiany wysokoenergetycznego materiału – materiału wybuchowego. Źródłem tej przemiany, a w związku z tym i energii, jest przebudowa, poprzez postępującą destrukcję, wiązań chemicznych tego materiału (związków chemicznych lub mieszanin). Przez wprowadzenie zewnętrznego bodźca – impulsu energetycznego (np. inicjacji) – lub pobudzenie następuje rozpad, a w konsekwencji kompletna zmiana molekularnej (cząsteczkowej) struktury materii. Powstające wówczas substancje, ze względu na dodatni bilans energetyczny, przejmują część energii wybuchu. Ich ilość jest ściśle powiązana z wartościami wszystkich funkcji stanu mieszaniny (jej stanu termodynamicznego), a zatem gęstością (masą właściwą), wielkością temperatury i ciśnienia. Proces przejścia od stanu początkowego przebiega wieloetapowo

i ma charakter wielostopniowy. Zdarza się, że niektóre produkty reakcji wybuchowych powstają przejściowo i ulegają dalszym przemianom, tak że w składzie końcowym występują jedynie w śladowych ilościach. Związane jest to z różnicami poszczególnych stref przemian materiałów wybuchowych, a więc w stanie termodynamicznym układu. W dużym przybliżeniu każda jednostka objętości ma-

OGLEDZINY MIEJSCA WYBUCHU

teriałów wybuchowych daje tysiąckrotny wzrost objętości produktów gazowych tworzących się w czasie wybuchu, a ich początkowe ciśnienie jest rzędu 10–40 tys. atmosfer. Ich rodzaj zależy od ilości tlenu znajdującego się w wiązaniach cząsteczek detonującego materiału wybuchowego. Ilość tę opisuje bilans tlenowy, który w zależności od tego, czy jest ona wystarczająca do całkowitego związania węgla – C w dwutlenek węgla – CO₂ oraz wodoru – H₂ w wodę (parę wodną) – H₂O, może być dodatni, zerowy lub ujemny. Bilans tlenowy jest więc różnicą między ilością tlenu zawartą w materiale wybuchowym a ilością konieczną do spalania węgla i wodoru w dwutlenek węgla i wodę (w postaci pary wodnej).

DEFINICJA MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH (MW)

Ustawa z dnia 21 czerwca 2002 r. o materiałach wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego (Dz. U. z 2022 r. poz. 2378) w art. 3 pkt 11 definiuje materiały wybuchowe jako *substancje chemiczne stałe lub ciekłe albo mieszaniny substancji zdolne do reakcji chemicznej z wytwarzaniem gazu o takiej temperaturze i ciśnieniu i z taką szybkością, że mogą powodować zniszczenia w otaczającym środowisku, a także wyroby wypełnione materiałem wybuchowym*¹⁵. Ponadto art. 3 pkt 35 ustawy definiuje wyroby pirotechniczne: *każdy wyrób zawierający materiały pirotechniczne, które są jedną z odmian materiałów wybuchowych, będące materiałem lub mieszaniną materiałów przewidzianych do wytwarzania ciepła, światła, dźwięku, gazu, dymu lub kombinacji tych efektów w wyniku samopodtrzymującej, egzotermicznej reakcji chemicznej*.

Materiały wybuchowe to takie związki chemiczne lub mieszaniny związków (i/lub substancji), które mają zdolność do wybuchowych, egzotermicznych przemian chemicznych z wytworzeniem dużych ilości produktów gazowych. Pod wpływem odpowiednio dobranego bodźca (impulsu) te raz zapoczątkowane przemiany zachodzą samorzutnie i z wielką prędkością. Warunki reakcji wybuchowej oraz wartości podstawowych wielkości opisujących przemianę wybuchową charakteryzują poszczególne materiały wybuchowe.

KLASYFIKACJA I PODZIAŁ MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH

Do XIX w. jedynym znanym materiałem wybuchowym był, wynaleziony przez Chińczyków w VIII w., proch czarny. Obecnie stosowanych jest wiele różnorodnych materiałów o bardzo różnych właściwościach fizykochemicznych oraz parametrach detonacyjnych, dlatego używa się wielu systemów klasyfikacyjnych. Jednym z nich jest podział na wybuchowe związki chemiczne oraz mieszaniny wybuchowe. Mieszaniny wybuchowe mogą występować w postaci ciekłej, stałej oraz gazowej. Mieszaniny w postaci gazowej stwarzają istotne zagrożenie (np. mieszanina metanu i powietrza w kopalniach węglowych). Ciekłe mieszaniny są mniej popularne w porównaniu do najpowszechniejszych

– stałych mieszanin wybuchowych. Stosowane są zarówno przez wojsko, jak i podmioty cywilne, a najczęściej używanym w procesie produkcji utleniaczem jest saletra amonowa (azotan (V) amonu).

Uznany za klasyczny podział materiałów wybuchowych segreguje je ze względu na zastosowanie:

- materiały wybuchowe inicjujące (np. pioruniany, azydki metali ciężkich, acetylenki),
- materiały wybuchowe kruszące (np. trotyl, pentryt, dynamit, nitrogliceryna),
- materiały wybuchowe miotające (proch czarny, prochy bezdymne, paliwa rakietowe),
- mieszaniny i materiały pirotechniczne (wybuchowe, oświetlające, dymotwórcze itp.),
- mieszaniny zapalające (np. termity).

IMPROWIZOWANE MATERIAŁY WYBUCHOWE

Wiedzę na temat syntezy związków o parametrach wybuchowych osoby zainteresowane najczęściej znajdują w Internecie oraz studiując dostępne publikacje fachowe. Wytwarzane w sposób amatorski materiały bardzo często są naśladownictwem środków i mas wybuchowych produkowanych przemysłowo. Nazwy stosowane w odniesieniu do improwizowanych materiałów wybuchowych (ang. *improvised explosives*, *homemade explosives* lub *kitchen explosives*) odnoszą się do pochodzenia składników używanych podczas produkcji – są to zwykłe produkty, których używa się w gospodarstwach domowych. Większość wyprodukowanych sposobem domowym materiałów występuje w postaci sypkiej, a więc proszków, rzadziej przyjmują one postać ciał stałych lub ciekłych. Efektem produkcji jest uzyskanie mieszanin substancji palnych z utleniaczami oraz, ewentualnie, innych dodatków¹⁶.

WYBUCH PRZESTRZENNY

Oprócz fabrycznych materiałów wybuchowych oraz mieszanin pirotechnicznych technicy kryminalistyki mogą się spotkać z dużą grupą substancji, które ze względu na swoje właściwości, przede wszystkim wskutek reakcji spalania¹⁷, wywołują efekty burzące, nierzadko znacznie większe w porównaniu do typowych MW. Zarówno palne gazy i ich pary, jak również pyły wielu palnych materiałów mogą tworzyć z powietrzem mieszaninę wybuchową. W obu przypadkach, aby do zjawiska wybuchu w ogóle mogło dojść, mieszaniny muszą się charakteryzować odpowiednim stosunkiem ilościowym składników, a także nieodzowna jest obecność wystarczająco silnego bodźca energetycznego¹⁸, potrzebnego do zainicjowania procesu gwałtownego spalania i wybuchu – tzw. wybuchu przestrzennego. Aby wystąpiło zjawisko wybuchu przestrzennego, stężenie (zawartość) substancji palnej w mieszaninie musi się zawierać w przedziale pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości. Przedział ten określany jest jako stężenie wybuchowe. Jeśli w danej objętości składnika palnego będzie zbyt mało, poniżej dolnej gra-

nicy wybuchowości, wybuch nie będzie możliwy. Jeśli będzie go zbyt dużo, a zatem powyżej górnej granicy wybuchowości, stężenie tego składnika przekroczy ilość tlenu¹⁹ i wybuch mieszaniny nie nastąpi, gdyż po wyczerpaniu tlenu ustanie również proces spalania. Wartości stężeń podawane są zwykle w gramach na metr sześcienny albo w procentach objętości²⁰. Jeśli chodzi o gazy i pary palne, najczęściej można się spotkać z wybuchami metanu, gazu ziemnego, propanu, butanu²¹, acetyleny, benzyny, etanolu czy toluenu.

Powstanie mieszanin wybuchowych gazów z powietrzem, ze względu na niskie temperatury wrzenia tych gazów, praktycznie nie zależy od temperatury otoczenia. W przypadku par cieczy palnych temperatura otoczenia powinna być wyższa od temperatury zapłonu²² cieczy. Natomiast aby doszło do wybuchu mieszaniny pyłów palnych²³ w powietrzu, istotne jest rozdrobnienie cząsteczek oraz wilgotność pyłu, ruch powietrza, a także wielkość inicjującego wybuch bodźca energetycznego.

W przypadku wybuchów technicy kryminalistyki najczęściej pracują na miejscach zdarzeń związanych właśnie z wybuchami przestrzennymi (fot. 9).

Powybuchowy wygląd miejsc z udziałem mieszanin pirotechnicznych oraz materiałów wybuchowych w porównaniu do miejsc wybuchu przestrzennego wykazuje znaczące różnice, co można podsumować w tabeli 2.

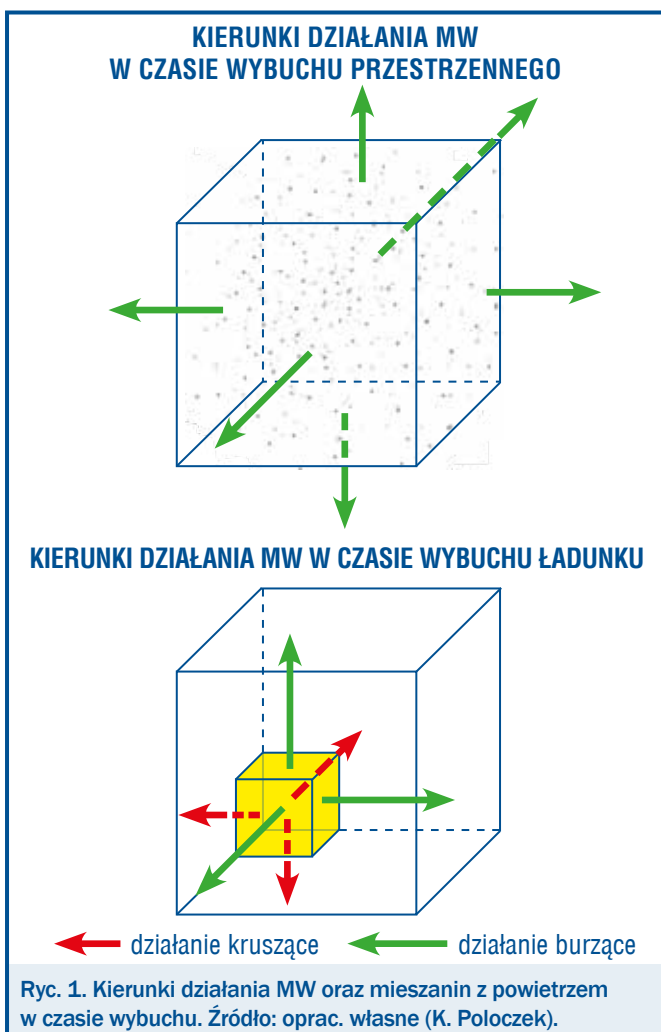
Tab. 2. Różnice w powybuchowym wyglądzie miejsc zdarzeń.

Wybuch przestrzenny	Wybuch MW
brak epicentrum wybuchu, równomierne zniszczenia całej kubatury	największe zniszczenia w epicentrum, stopień destrukcji maleje wraz z odległością od epicentrum
widoczne skutki działania burzącego, brak działania kruszącego	skutki kruszące widoczne w epicentrum, burzące – w oddaleniu od epicentrum
przedmioty zazwyczaj są nieprzemieszczone i nieuszkodzone	przedmioty oraz wyposażenie wnętrza pomieszczenia przemieszczone i uszkodzone
ściany podobne konstrukcyjnie i materiałowo równomiernie zburzone i odrzucone	elementy budowy UW i fragmenty pokruszonego podłoża powbijane w ściany oraz przedmioty otoczenia epicentrum
wystąpienie krótkotrwałego płomienia w całej objętości, temperatura $\approx 2000^{\circ}\text{C}$	temperatura w epicentrum rzędu $1000\text{--}3000^{\circ}\text{C}$
okopcenia i naloty zależą od proporcji i rodzajów składników mieszaniny wybuchowej	na ścianach i przedmiotach widoczne naloty i okopcenia (zwłaszcza przy MW o ujemnym bilansie tlenowym)

Źródło: Z. Ruszkowski, *Fizykochemia kryminalistyczna*, wyd. CLK, Warszawa 1993, s. 106.



Fot. 9. Efekt zastosowania w bankomacie mieszaniny acetyleny z powietrzem – wybuch przestrzenny. Zdjęcie: K. Poloczek.



OGŁĘDZINY MIEJSCA WYBUCHU

Różnice te są spowodowane brakiem oddziaływania kruszącego, charakterystycznego dla wybuchów MW i mieszanin pirotechnicznych, działającego kontaktowo na otoczenie. Na ryc. 1 zobrazowano kierunki działania kruszącego w czasie wybuchu materiału wybuchowego oraz w czasie wybuchu przestrzennego.

WYBUCH BLEVE

BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion*) to, w dosłownym tłumaczeniu na język polski, wybuch rozszerzających się par wrzącej cieczy. Jest on wywołany nagłym wyciekem, zwykle łatwopalnej, cieczy będącej w temperaturze wyższej od jej temperatury wrzenia²⁴. Ogrzewana ciecz zamknięta w zbiorniku, np. cysternie, po osiągnięciu punktu wrzenia przekształca się w parę, wytwarzając wysokie ciśnienie wewnątrz zbiornika. Po przekroczeniu krytycznej wartości wytrzymałości²⁵ zbiornika doprowadza do jego osłabienia i gwałtownego rozerwania. BLEVE nie jest typowym wybuchem fizycznym, lecz zazwyczaj to kombinacja dwóch wybuchów: fizycznego i następującego zaraz po nim, chemicznego. Po rozerwaniu powłoki zbiornika pary cieczy wydostają się do atmosfery i tworzą z powietrzem wybuchową mieszaninę. Proces BLEVE można podzielić na następujące etapy (ryc. 2):

- ogrzewanie: ciecz wewnątrz zbiornika jest ogrzewana, a jej temperatura wzrasta, osiągając punkt wrzenia; w miarę jak ciecz wrze i przekształca się w parę, ciśnienie wewnątrz zbiornika zaczyna rosnać;
- wybuch fizyczny: gwałtowne zdarzenie, takie jak rozerwanie zbiornika spowodowane np. przez pożar, wstrząs lub mechaniczne uszkodzenie, przerywa wzrost ciśnienia wewnątrz zbiornika; to z kolei prowadzi do szybkiego wydostawania się pary na zewnątrz;
- rozprężanie się pary: para, która wydostaje się ze zbiornika, gwałtownie się rozpręża; w procesie rozprężania para przekształca się w gaz, co powoduje znaczny wzrost objętości oraz tworzenie się wybuchowej mieszaniny gazu z powietrzem;
- wybuch chemiczny: po osiągnięciu dolnej granicy wybuchowości mieszaniny gazowo-powietrznej, gdy nastąpi jej zapłon, dochodzi do wybuchu przestrzennego ze wszystkimi jego właściwościami.

TECHNICZNO-KRYMINALISTYCZNE ASPEKTY OGŁĘDZIN MIEJSC WYBUCHÓW

Podstawowymi kwestiami, którymi powinna zająć się grupa procesowa w trakcie oględzin terenu po wybuchu, są:

- ustalenie, jeśli istnieje²⁶, epicentrum wybuchu;
- wyznaczenie wokół epicentrum tzw. strefy wykluczenia, tj. obszaru o zasięgu co najmniej dwukrotnie większym od miejsca najdalej ujawnionego śladu mającego związek ze zjawiskiem wybuchu lub mogącego pochodzić od urządzenia wybuchowego;
- w miarę możliwości określenie, jak mogło wyglądać urządzenie wybuchowe (UW);
- wstępne oszacowanie ilości i rodzaju użytego materiału wybuchowego (MW);
- dokonanie oceny zagrożeń będących skutkiem wykorzystania w tradycyjnym urządzeniu wybuchowym materiałów CBRN²⁷;
- ustalenie miejsca i sposobu inicjowania urządzenia;
- ujawnienie, a następnie procesowe i techniczne zabezpieczenie śladów i przedmiotów oraz sporządzenie dokumentacji technicznej i procesowej wraz z załącznikami (foto, wideo, szkice, plany) miejsca oraz skutków wybuchu.

Problematyka oględzin miejsca po wybuchu jest trudna i bardzo skomplikowana, głównie z powodu gwałtowności procesów oraz zjawisk towarzyszących wybuchowi, olbrzymiego ciśnienia, bardzo wysokiej temperatury, działania kruszącego w miejscu przyłożenia materiałów wybuchowych oraz, w przypadku materiałów bez obudowy, powstania fali burzącej. Wewnątrz obudowy urządzeń wybuchowych ciśnienie powstających gazowych produktów wybuchu osiąga wartość rzędu tysięcy atmosfer, a prędkość detonacji większości materiałów wybuchowych sięga tysięcy metrów na sekundę. Oba te parametry: ciśnienie oraz prędkość detonacji, a także rodzaj opakowania zastosowanego podczas konstruowania urządzenia, determinują skutki zniszczenia obudowy:

- rozdzarcie mosiężnej lub miedzianej,
- rozłupanie stalowej,
- pokruszenie żeliwnej lub wykonanej ze staliwa²⁸,
- rozpylenie, włącznie z odparowaniem, niskotopliwej i kruchej²⁹.

W przypadku umieszczenia materiału wybuchowego w metalowej obudowie praktycznie cała energia rozkładu tego materiału zostaje zużytkowana na rozerwanie obudowy oraz

na nadanie prędkości jej fragmentom, co powoduje rozrzut odłamków na odległość kilkuset metrów³⁰. Natomiast wybuch materiału bez obudowy będzie charakteryzować się powstaniem fali uderzeniowej działającej destrukcyjnie na otoczenie, powodując rozrzucenie elementów konstrukcyjnych (np. samochodu, budynków, przedmiotów znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie). Jeśli urządzenie bądź materiał wybuchowy umieścimy w podłożu, po eksplozji w miękkim podłożu uwidoczni się wyrwa lub lej – krater. W tych miejscach technicy kryminalistyki po-



Ryc. 2. Etapy wybuchu BLEVE. Źródło: oprac. własne (K. Poloczek).

winni szukać fragmentów obudowy urządzenia wybuchowego, produktów rozkładu materiału wybuchowego oraz jego nierozłożonych cząstek. Ponadto można też tam znaleźć elementy źródła zasilania, obudowy, obwodów sterujących i zabezpieczających urządzenie³¹. Natomiast o pochodzeniu materiału wybuchowego będą świadczyć takie ślady, jak: okopcenia, naloty (również napylenia), pozostałości w postaci grudek i innych stałych produktów rozkładu MW, widoczne na odłamkach, ścianach lejów, przeszkodach i przedmiotach znajdujących się wokół epicentrum, a także ujawnionych fragmentach urządzenia wybuchowego. Należy tu zaznaczyć, że rodzaj obudowy oraz prędkość detonacji użytego przez sprawcę materiału wybuchowego będą mieć wpływ na stopień fragmentacji, czyli rozdrobnienia opakowania, a także promień rozrzutu odłamków urządzenia. Kruszące materiały wybuchowe powodują dużą fragmentację, ale do ich pobudzenia potrzebne są środki inicjujące – zapalniki. Dlatego też uczestniczący w oględzinach technicy kryminalistyki powinni skupić uwagę na poszukiwaniu śladów związanych ze środkiem inicjującym, źródłem zasilania, a także elementami układu sterującego. Wybuch materiału albo urządzenia umieszczonego w głębi podłoża (np. zakopanego) spowoduje wyrzucenie warstw podłoża usytuowanych nad ładunkiem i kruszenie warstw gleby w bezpośrednim otoczeniu materiału wybuchowego. Powstające po wybuchu podciśnienie, wraz z grawitacją, powoduje zassanie uniesionych eksplozją warstw podłoża, które, również pod wpływem siły grawitacji, opadają, powodując częściowe zasypanie lejów oraz powstanie wokół lejów tzw. korony (fot. 10).

Te powierzchnie określamy pojęciem warstwy nasypowej lub zassanej. W punkcie epicentrum, tam gdzie następo-



Fot. 10. Lej powybuchowy powstały w podłożu sypkim; r – promień lejów, h – głębokość widoczna lejów. Zdj. K. Poloczek.

wało kruszące działanie materiału wybuchowego na glebę wokół niego, można zaobserwować silne roztrącenie, rozdrobnienie cząsteczek podłoża, dlatego też mówimy o warstwie zmielonej. Poniżej warstwy zmielonej widoczna jest warstwa zruszona – to obszar oddziaływania burzącego. Wszystkie opisane warstwy niosą istotne informacje o konstrukcji urządzenia, a także rodzaju i ilości użytego materiału wybuchowego. Dlatego też podczas wykonywania oględzin wskazane jest pobranie próbek gleby do dalszych badań laboratoryjnych:

- jedną próbkę z warstwy nasypowej, np. z korony lejów,
- dwie próbki ze środka lejów, w połowie głębokości,
- jedną próbkę z widocznego dna lejów,
- dwie próbki z warstwy zmielonej z głębokości ok. 5–15 cm,
- jedną próbkę z warstwy zruszonej.

Aby pobrać próbki warstwy zmielonej oraz zruszonej, konieczne będzie wykonanie odkrywki lejów (fot. 11), a następnie przesianie podłoża przy użyciu silnego magnesu – pomoże to odnaleźć stalowe elementy pochodzące z obudowy, źródła zasilania lub innych części składowych urządzenia wybuchowego.

Miejsca pobrania próbek należy dokładnie opisać w protokole oględzin i na metryczkach śladowych, sfotografować oraz umieścić na szkicu – szkicach (ryc. 3).

Ponadto nieodzowne jest zabezpieczenie próbek kontrolnych z miejsca będącego poza działaniem materiału wybuchowego, w ilości odpowiadającej zabezpieczonym próbkom do badań i z tej samej co one głębokości.

W przypadku wybuchu w pojeździe widoczne są uszkodzenia w postaci przebić i wgnieceń wyposażenia wnętrza samochodu, przy jednoczesnym praktycznym braku przemieszczania



Fot. 11. Odkrywka (przekrój) lejów powstałego w wyniku detonacji ładunku materiału wybuchowego w glebie. Zdj. K. Poloczek.

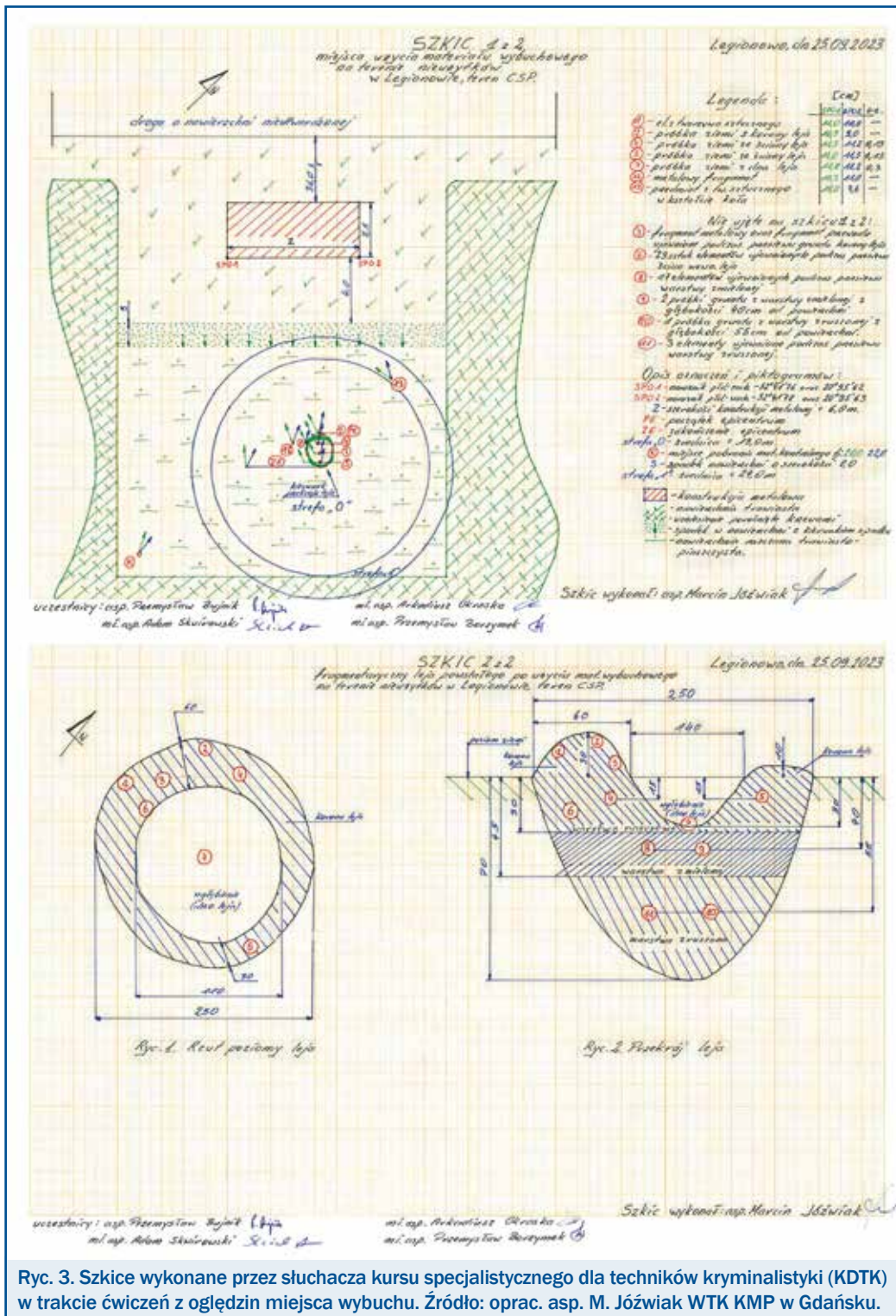
OGŁĘDZINY MIEJSCA WYBUCHU

lub przesuwania elementów tego wnętrza. Podczas wybuchu urządzenia wskutek nadciśnienia może nastąpić otwarcie pokrywy bagażnika, drzwi, pokrywy silnika, wypchnięcie szyb o dużej powierzchni: tylnej i czołowej. Gdy MW będzie umieszczony w wytrzymałej, np. stalowej, obudowie, niemal cała energia eksplozji zostanie wykorzystana do rozerwania opakowania i nadania prędkości odłamkom, a większość spośród nich pozostanie wewnątrz pojazdu. Wybuchowi materiału w opakowaniu wykonanym z kartonu lub tworzywa sztucznego najczęściej towarzyszy zjawisko zapalenia się

samochodu, a śladów związanych z wybuchem należy poszukiwać na elementach pojazdu rozrzuconych wybuchem. Czynniki termiczne, takie jak ogień czy wysoka temperatura, wpływają destrukcyjnie na ślady MW znajdujące się na spalonych częściach pojazdu, natomiast widoczne tam będą ślady uszkodzeń mechanicznych: rozdarcia, ubytki, wgniecenia karoserii, świadczące o miejscu umieszczenia UW oraz sile zastosowanego przez sprawcę materiału. Śladów urządzenia pozostawionego za zewnątrz samochodu, pod nim albo obok, należy poszukiwać zarówno wewnątrz, jak i w otoczeniu pojazdu (fot. 12).

Wskutek burzącego działania ładunków bez obudowy powstają ślady wtórne, mogące niedoświadczonym uczestnikom czynności oględzinowych utrudnić odnalezienie i rozpoznanie miejsca epicentrum.

Eksplozje materiałów wybuchowych, także tych znajdujących się wewnątrz opakowań, charakteryzują się uwalnianiem wielu różnych produktów; przede wszystkim gazowych, ale też i stałych. Produkty rozkładu³² materiałów wybuchowych oddziałują korozyjnie na elementy metalowe urządzenia (obudowę, przewody łącznikowe, przełączniki, elementy elektroniczne), podobnie agresywnie działają elektrolity zawarte w źródłach zasilania, powodując ich szybką korozję, szczególnie w obecności wilgoci. Dlatego też należy mieć na uwadze, iż znajdujące się na miejscu wybuchu zardzewiałe fragmenty mogą być nieprzypadkowe oraz że prawdopodobnie mają one związek z wybuchem. Materiały wybuchowe używane w technice wojskowej charakteryzują się dużą trwałością śladów powybuchowych, są trudno rozpuszczalne w wodzie, nie ulegają szybkiemu rozkładowi, długo utrzymują się na miejscu zdarzenia. Są też stosunkowo trudno dostępne, dlatego sprawcy postu-



Ryc. 3. Szkice wykonane przez słuchacza kursu specjalistycznego dla techników kryminalistyki (KDTK) w trakcie ćwiczeń z oględzin miejsca wybuchu. Źródło: oprac. asp. M. Józwiak WTK KMP w Gdańsku.



Fot. 12. Otwór w drzwiach samochodu jako skutek kierunkowego działania SUW umieszczonego na zewnątrz. Zdj. K. Poloczek.

gują się najczęściej górnymi materiałami wybuchowymi bądź mieszaninami pirotechnicznymi. Obie te grupy to wieloskładnikowe mieszaniny, często zawierające saletrę amonową, sól kuchenną, pył metalowy i inne komponenty. Zarówno sól kuchenna, jak i saletra amonowa oraz produkty jej rozkładu są rozpuszczalne w wodzie i podczas akcji gaśniczej lub opadów atmosferycznych następuje ich wymycie oraz przenikanie w głąb podłoża połączone z rozcieńczeniem. Ze względu na utlenianie azotynów tlenem z powietrza mogą one zanikać w próbkach podłoża zabezpieczonych w miejscu wybuchu. W przypadku zabezpieczenia próbek gleby proces ten przebiega szybciej z uwagi na obecność bakterii tlenowych w glebie³³, a zawilgocenie lub zalanie próbki wodą znacznie przyspieszy te reakcje. W wyniku chemicznych oraz biochemicznych reakcji zachodzących w próbkach pobranych z miejsc wybuchu górnymi materiałami wybuchowymi przebiegające tam procesy mogą spowodować zmianę lub całkowity zanik składników pozwalających na identyfikację użytego przez sprawcę materiału, dlatego próbki powinny być możliwie szybko zabezpieczone poprzez umieszczenie ich w szklanych pojemnikach³⁴ oraz jak najszybciej przekazane biegłemu do badań. Próbki należy przechowywać w temperaturze pokojowej, nie narażać ich na bezpośrednie działanie wysokiej temperatury czy światła, gdyż może to przyspieszyć niekorzystne procesy zachodzące wewnątrz pojemnika.

BŁĘDY NAJCZĘŚCIEJ POPEŁNIANE PODCZAS OGLĘDZIN MIEJSCA WYBUCHU

Na miejscu wybuchu można zaobserwować ślady skutków działania wysokich temperatur oraz ciśnień na środowisko otaczające ładunek wybuchowy. Ślady kruszącego oddziaływania materiału wybuchowego – ślady kontaktowe oraz ślady działania burzącego mogą prowadzić do wysnuwania nieprawdziwych wniosków i błędnej interpretacji tego, co można zaobserwować na miejscu zdarzenia związanego z wybuchem. Dodatkowo, w obecności materiałów palnych, następstwem wybuchu często jest pożar. Z punktu widzenia oględzin ciśnienie, ogień oraz wysoka temperatura nie tylko niszczą ślady, również te o znaczeniu procesowym, ale także je tworzą. Uzależnione jest to od charakterystyki i przebiegu

spalania, złożoności czynników fizykochemicznych, nieodwracalności tych reakcji oraz łatwości ulegania samodestrukcji potencjalnych śladów mogących później służyć jako dowody w procesie wykrywczym. Należy pamiętać, iż zarówno ślady powybuchowe, jak i popożarowe, tj. bezpośrednio związane z tego typu dynamicznymi, termicznymi zdarzeniami, podlegają nieustannym zmianom w miarę przebiegu następujących po wybuchu poszczególnych faz pożaru, a także wskutek prowadzonych działań ratowniczo-gaśniczych. Ze względu na incydentalność w naszym kraju zdarzeń o charakterystyce wybuchowej technicy kryminalistyki biorący czynny udział w oględzinach miejsc wybuchów często nie dysponują dostateczną wiedzą o materiałach wybuchowych, własnościach materiałów konstrukcyjnych i budowlanych, a także na temat zjawisk fizycznych zachodzących podczas wybuchu.

Wśród najczęstszych błędów popełnianych podczas prowadzenia czynności procesowych na miejscu zdarzenia z udziałem materiałów wybuchowych należy wymienić:

- prowadzenie oględzin zgodnie z przyjętą *a priori* wstępną wersją przebiegu zdarzenia,
- sugerowanie się obserwowanym stanem i wielkością destrukcji miejsca zdarzenia,
- błędną interpretację śladów powybuchowych i popożarowych,
- zaniechania i niedopatrzania podczas ujawniania i zabezpieczania śladów,
- niedokładne przesianie warstwy nasypowej i zruszonej, „wdeptanie” śladów w podłoże wokół leja,
- zbyt wczesne zakończenie oględzin i opuszczenie miejsca zdarzenia (często wskutek ponaglenia i pośpiechu),
- kierowanie się sugestiami – co do przebiegu zdarzenia – osób trzecich (świadków, poszkodowanych) oraz zastanych na miejscu funkcjonariuszy innych służb (ratowników medycznych, strażaków),
- niedokładna penetracja terenu, a przez to wyznaczenie zbyt małego obszaru poddawanego oględzinom,
- niewystarczające przygotowanie uczestników oględzin i braki w środkach technicznych,
- pominięcie sprawdzenia drogi dojścia i wejścia do obiektów i terenu, w którym nastąpił wybuch – dachów okolicznych budynków, drzew itp.,
- niedokładne i pobieżne przesłuchanie poszkodowanych i świadków,
- pominięcie opisu stanu instalacji alarmowej występującej w obiekcie.

Wymienione tu błędy i niedociągnięcia nie oddają pełnej problematyki, z którą muszą się zmierzyć uczestnicy oględzin miejsca wybuchu. Problemy te są natury zarówno techniczno-kryminalistycznej, jak i formalnoprawnej i najczęściej są spowodowane małym doświadczeniem techników kryminalistyki i policjantów biorących udział w tzw. śledztwie powybuchowym.

PODSUMOWANIE

W numerze 3/2022 „Kwartalnika Policyjnego” omówione zostały kwestie śledztwa powybuchowego, ograniczone do rekonstrukcji SUW³⁵. Niniejszy artykuł szczegółowo przedstawia różnice między wybuchami przestrzennymi

OGŁĘDZINY MIEJSCA WYBUCHU

(wybuchami powietrznymi) a wybuchami materiałów wybuchowych (MW), koncentrując się na techniczno-kryminalistycznych aspektach oględzin miejsc powybuchowych. W artykule podkreślono istotne cechy wybuchów przestrzennych, charakteryzujących się brakiem epicentrum, równomiernym rozkładem zniszczeń w całej kubaturze oraz widocznymi skutkami działania burzącego, przy braku efektów działania kruszącego.

Omówione również zostały efekty towarzyszące wybuchowi MW oraz zjawisko BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion*) – kombinacji wybuchu fizycznego i chemicznego. Wykazano charakterystyczne skutki wybuchów klasycznych materiałów wybuchowych – produkcji fabrycznej oraz samodiałowych. Podkreślono, że oględziny miejsc wybuchów są czynnością skomplikowaną, wymagającą uwagi i sprawiającą wiele trudności pracującej na miejscu zdarzenia grupie oględzinowej. Pomyłki popełnione na etapie wstępnych czynności procesowych, a szczególnie powybuchowych oględzin miejsca zdarzenia, mogą prowadzić do błędnych wniosków, które znacząco utrudnią rekonstrukcję przebiegu zdarzenia i ról osób w nim uczestniczących. Zrozumienie różnic występujących na miejscu wybuchu przestrzennego i wybuchu z użyciem MW, a także umiejętność właściwego prowadzenia oględzin i innych czynności dochodzeniowo-śledczych, są kluczowe dla policjantów pracujących w związku z zaistnieniem takich sytuacji. Celem artykułu było przedstawienie informacji na ten temat oraz podkreślenie zarówno złożoności zjawisk wybuchowych, jak i znaczenia właściwej interpretacji stanu powybuchowego miejsca zdarzenia, a tym samym uwrażliwienie wszystkich uczestników pracujących na miejscu zdarzenia na omówione zagadnienia, niezmiernie ważne z punktu widzenia śledztwa powybuchowego.

- ¹ K. Hirano, *Drifters*, t. 3, Japonica Polonica Fantastica, Olecko 2017.
- ² K. Poloczek, K. Molski, *Technik kryminalistyki na miejscu zdarzenia – rekonstrukcja SUW*, „Kwartalnik Policyjny” 2022, nr 3, s. 17–22.
- ³ SUW – samodiałowe urządzenia wybuchowe.
- ⁴ Krusząco, burząco, miotająco, rozrywająco.
- ⁵ K. Poloczek, *Fizykochemiczne zagrożenia związane z wypadkami pojazdów ADR*, „Kwartalnik Policyjny” 2020, nr 1–2, s. 144–118.
- ⁶ J. Biegańska, *Egzergia a materiały wybuchowe*, „Chemik” 2013, nr 1, s. 47.
- ⁷ Rozchodząca się w ośrodku sprężystym, w którym możliwe jest powstawanie naprężeń, a więc w ciele stałym, cieczy lub gazie.
- ⁸ Np. rozerwanie kotła parowego lub opony w efekcie nadmiernego wzrostu w nim (w niej) ciśnienia.
- ⁹ Reakcje przemiany jąder atomowych: rozpadu promieniotwórczego (rozpad alfa, beta, emisja gamma, wychwytywanie elektronu itp.) lub syntezy (fuzji) jądrowej.
- ¹⁰ Mających dodatni bilans cieplny z otoczeniem, a zatem takich przemian fizycznych lub chemicznych, w których energia jest oddawana przez układ do otoczenia, a przyrost energii ΔE jest większy od zera.
- ¹¹ BLEVE – ang. *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion*, wybuch rozszerzających się par wrzącej cieczy.
- ¹² M. Profit-Szczepańska, *Wybrane zagadnienia z fizykochemii wybuchu*, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa 1996, s. 13.
- ¹³ Jednostka temperatury w układzie SI, $0\text{K} = -273,15^\circ\text{C}$, w skali Kelvina nie używa się pojęcia „stopień”.
- ¹⁴ W. Domański, Z. Makles, *Zagrożenie atmosferą wybuchową w środowisku pracy (cz. 1)*, „Przyjaciel przy Pracy” 2008, nr 11, s.16.
- ¹⁵ Niniejsza ustawa, w zakresie swojej regulacji, wdrożyła dyrektywę Rady 93/15/EWG z dnia 5 kwietnia 1993 r. ws. dostosowania przepisów dot. obrotu i kontroli materiałów wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego (Dz. Urz. WE L 121 z 15.05.1993, s. 20, z późn. zm.; Dz. Urz. UE polskie wydanie specjalne, rozdz. 13, t. 12, s. 58, z późn. zm.).

- ¹⁶ Często takich, które nie mają żadnego uzasadnienia chemicznego, ale akurat były dostępne dla producenta, który sądził, że ich zastosowanie poprawi zamierzony efekt.
- ¹⁷ Lub syntezy np. amoniaku, tlenków azotu.
- ¹⁸ Np. płomień, iskra, łuk elektryczny.
- ¹⁹ Wówczas taka mieszanina będzie scharakteryzowana mocno ujemnym bilansem tlenowym.
- ²⁰ Często również w miligramach na litr.
- ²¹ Lub popularnych mieszanin: propanu z butanem.
- ²² Temperatura zapłonu to minimalna, krytyczna wartość temperatury, w której możliwe jest zapalenie danej substancji przez zewnętrzne źródło zapłonu. Wartość ta charakteryzuje każdą substancję palną oraz zależy od jej składu chemicznego.
- ²³ Pyły pochodzenia organicznego, pyły metali, np. aluminium, żelaza, magnezu itp.
- ²⁴ W warunkach normalnego ciśnienia atmosferycznego.
- ²⁵ Tzw. wytrzymałość mechaniczna, w tym przypadku to opór, jaki stawiają ścianki zbiornika wzrastającemu ciśnieniu wewnętrznemu.
- ²⁶ W przypadku tzw. wybuchów przestrzennych niemożliwe jest wskazanie miejsca zainicjowania wybuchu.
- ²⁷ Chemicznych, biologicznych, radioaktywnych, nuklearnych.
- ²⁸ Staliwo to stop metali, a także innych pierwiastków chemicznych używanych w celu uzyskania określonych właściwości mechanicznych lub chemicznych. Głównymi składnikami staliwa są żelazo (Fe) i węgiel (C). Staliwo zawiera zazwyczaj mniej węgla niż żeliwo, co pozwala na uzyskanie lepszej wytrzymałości i elastyczności. W zależności od procentowego udziału węgla i innych dodatków staliwo może mieć różne klasy i właściwości.
- ²⁹ W przypadku użycia wysokoenergetycznych materiałów wybuchowych działających na odlewy cynkowe, aluminiowe, tzw. wyprasek miedzianych – np. wkładek kumulacyjnych.
- ³⁰ Wartość ta jest zależna od ilości i rodzaju zastosowanego MW, na podstawie wyników przeprowadzonych badań przyjmuje się, że rozrzut odłamków sięga ponad 200 m.
- ³¹ K. Poloczek, K. Molski, *Technik kryminalistyki na miejscu zdarzenia – rekonstrukcja SUW*, s. 17–22.
- ³² Np. azotany, azotyny, chlorki, siarczki, siarczany, węglany, jony amonowe i inne.
- ³³ Tzw. bakterii nitryfikujących.
- ³⁴ Np. wyjałowione słoiki, które stosuje się do zabezpieczania śladów osmologicznych, przy czym nie należy wypełniać ich próbkami całkowicie.
- ³⁵ K. Poloczek, K. Molski, *Technik kryminalistyki na miejscu zdarzenia – rekonstrukcja SUW*, s. 17–22.

Summary

Forensics technician at the scene of an explosion

The content of the article corresponds to the article concerning the reconstruction of IED (Improvised Explosive Device) incidents and reviews fundamental terms and concepts related to the phenomenon of explosion. The authors discussed various types of explosions: physical, spatial, deflagration, explosion, detonation, along with highlighting the forensic traces that investigators conducting the examination of explosion scenes can uncover during procedural activities. They emphasized the significance of technical-criminalistic and formal-legal aspects related to inspecting explosion sites in buildings, vehicles, and open areas, as well as the necessity of creating technical documentation: photographs, videos, and sketches. Additionally, they pointed out the factor of time, which holds substantial importance while securing samples for laboratory analysis. In the form of a table, differences between explosive material detonation and the explosion of combustible gas and dust mixtures with air are presented, which can pose challenges for forensic experts and police officers with limited experience, possibly stemming from the infrequency of explosion-related events in Poland. The authors drew attention to the objectives of explosion site examinations and identified common mistakes made at the scene of explosion-related incidents and post-blast investigations. The entirety is complemented by numerous photographs, illustrations, and schematic drawings.

Thumaczenie: Kamila Poloczek