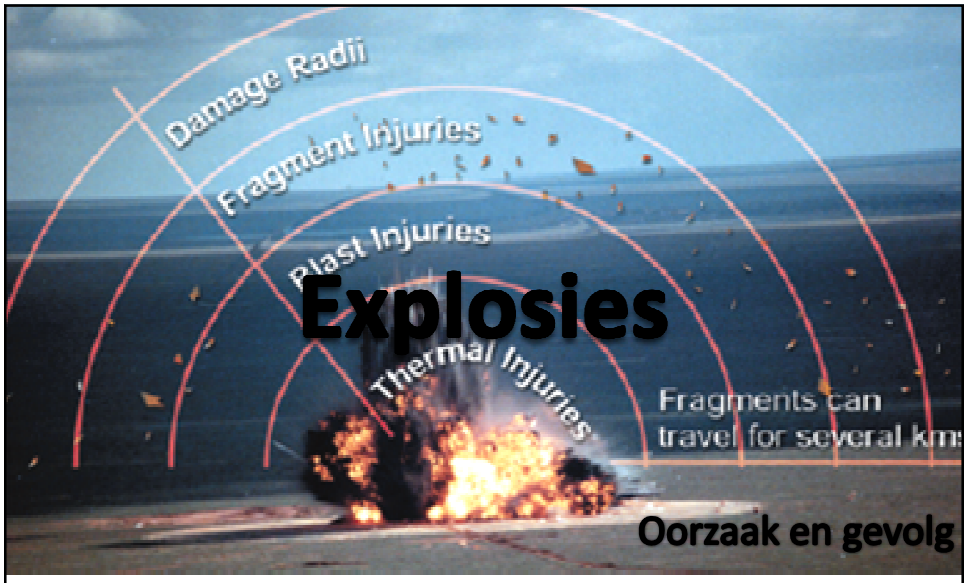


Brecht.egle@chem.kuleuven.be
Brecht@live.com

Lessenreeks explosieven, AGS
4 oktober 2013
Brecht Egle

1

Outline

1. Inleiding
2. Oorzaken
3. Effecten

2

1. Explosies: Inleiding

Explosie:
Zeer snelle, plotse vrijstelling van energie met expansie van gas

Meestal ook **productie** expanderende gassen

Energievrijgave zo snel dat deze accumuleert

Deze energie moet gedissipeerd worden naar de omgeving

⇩

Schokgolf, versnelling materie (=*fragmentie*),
kratervorming, warmte, enz.

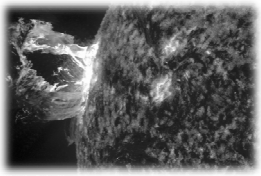
3

1. Explosies: Inleiding

Chemisch



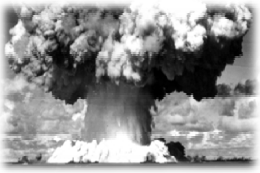
Andere



Explosies

Fysisch





Nucleair

4

1. Explosies: Inleiding

Schademechanismen:

R

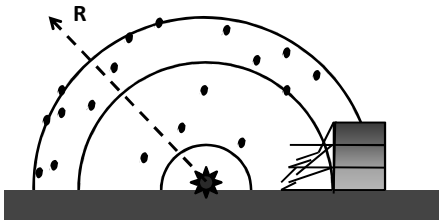
- *Krater*
- *Hitte/brand*
- *Schokgolf*
- *Fragmentatie*
- *Secundaire schade*
- (*Penetratie)*









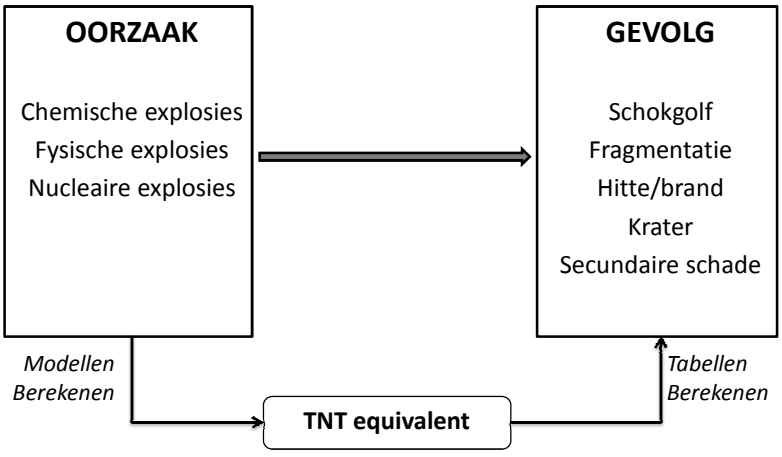




5

1. Explosies: Inleiding

Verdere opbouw lezingen:



6

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies
- ADR transportklassen
- Detonatie vs deflagratie
- Gecondenseerd: High explosives
- Gecondenseerd: Low explosives
- Volumetrisch: Gevoeligheid en initiatie
- Volumetrisch: Vapour Cloud Explosie (VCE)
- Volumetrisch: Stofexplosie

2.2 Fysische explosies
- Drukvat explosie
- Implosie
- BLEVE
- Thermische explosie

2.3 Nucleaire explosies

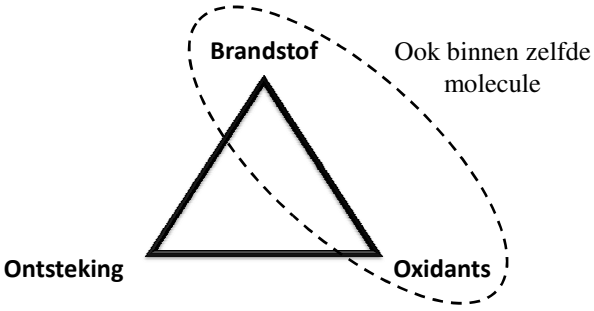
2.4 Geïmproviseerde explosieven

7

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies

- Vrijgave energie door *snelle* chemische reactie
- Meestal exotherme oxidatiereactie



8

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies

- Explosieven: **ADR klasse 1**
- Ook pyrotechnische materialen vallen hieronder (vuurwerk)
- **Uitgezonderd:**
  - Explosieven die gedesensitiseerd zijn met water/alcohol
  - Stoffen die een explosief mengsel kunnen vormen (bv. met lucht) maar zelf niet explosief zijn
  - Organische peroxiden: **klasse 5.2**



- UN nummer begint met 0.



9

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies

Subklasse	
1.1	Massa explosie gevaar
1.2	Fragmentatie gevaar, maar geen massa explosie
1.3	Gevaar voor brand, maar weinig massa explosie/fragmentatie gevaar
1.4	Klein risico op explosie
1.5	Ongevoelige explosieven (die wel massa explosie kunnen ondergaan)
1.6	Zeer ongevoelige explosieven die geen massa explosie kunnen ondergaan

Massa explosie: explosie waarbij gehele lading in zijn geheel kan exploderen

Compatibiliteit	
A	Primair explosief
B	Primair explosief, in detonatoren
C	Deflagrerend explosief
D	Secundair explosief of buskruit of primair explosief met >2 veiligheidsmaatregelen
E	Secundair explosief met aandrijflading
F	Secundair explosief met eigen initiatiemogelijkheid
G	Pyrotechnische stof
H	Explosieve stof en witte fosfor
J	Explosieve stof en brandbare vloeistof of gel
K	Explosieve stof en toxische chemicaliën
L	Explosieve stof die bijzondere incombabiliteit heeft (bv. Water)
N	Enkel zeer ongevoelige explosieven
S	Weinig gevaarlijke artikelen die bij brand geen significante hinder opleveren

10

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies

Detonatie vs Deflagratie

Deflagratie

Reactiezone plant zich voort met snelheid < geluidssnelheid

Schokgolf sneller dan reactiefront

Druk ≈ 10 bar

Insluiting nodig voor explosie



11

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies

Detonatie vs Deflagratie

Detonatie

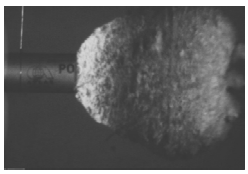
Reactiezone plant zich voort met snelheid (**2000-9000 m/s**)> geluidssnelheid

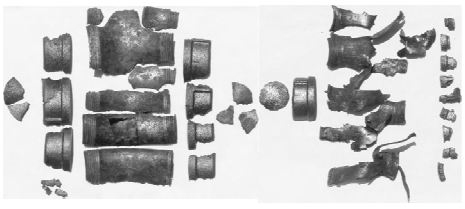
Schokgolf en reactiefront gekoppeld

Drukken ≈ **300.000 bar**

Veroorzaakt in elk geval een explosie

Krachtiger als deflagratie





12

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies

Deflagratie naar detonatie transfer (DDT)

Deflagratie van een explosief

⇩

Door vrijkomen gassen kan druk in materiaal stijgen

⇩

Druk ↑ -> reactiesnelheid ↑

⇩

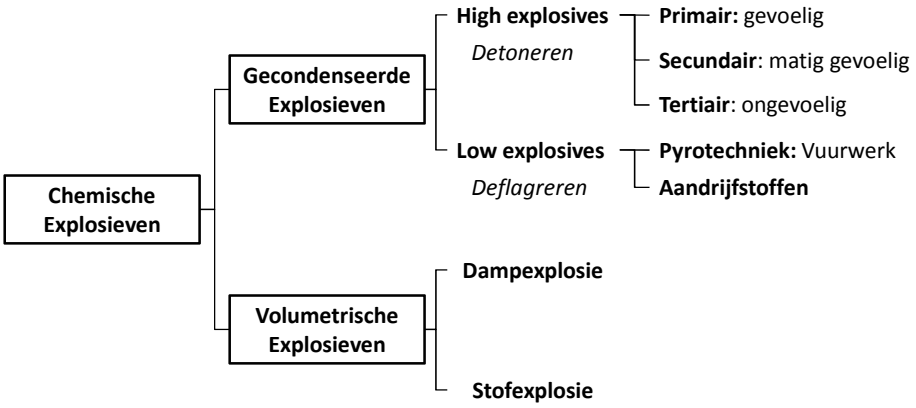
Kettingreactie tot drukken/reactiesnelheden hoog genoeg zijn voor detonatie

- Brandende explosieven kunnen exploderen via dit mechanisme
- Factoren die DDT waarschijnlijker maken:
  - Insluiting!! (eigen bulk is soms genoeg)
  - Porositeit materiaal (hoe hoger, hoe makkelijker DDT)
  - Zeer krachtige ontstekingsbron

13

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: explosieven



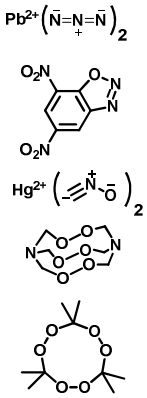
14

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: High explosives

Primaire explosieven (ADR 1.1A, 1.1D)

- Makkelijk detoneerbaar (DDT)
- Gevaarlijk om te hanteren
- Meestal in kleine hoeveelheden (≤ 1g)
- Belangrijkste component in **detonatoren**
- Meest voorkomende:
  - *Lood azide* (lead azide, LA, PbN3)
  - *DDNP* (diazodinitrophenol, DINOL)
  - *Kwik fulminaat* (mercury fulminate)
  - *HMTD* (Hexamethylenetriperoxidediamine)
  - *Aceton peroxide* (AP; TCAP, CTAP, TATP)



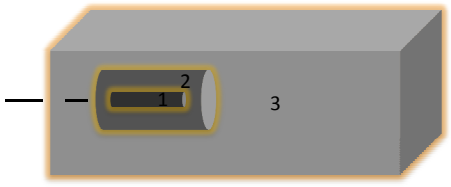
15

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: High explosives

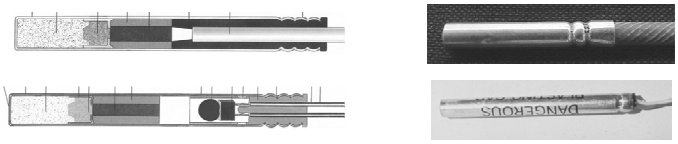
Primaire explosieven: Detonatoren (ADR 1.1B, 1.1F)

- Initiatie explosieven: *Explosive train*
- Gevoeliger explosief om hoofdlading te detoneren



1. Detonator
2. Booster
3. Hoofdlading

- Detonator: primair explosief, onsteking via elektrische stroom of lont



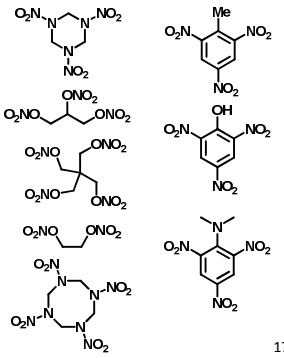
16

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: High explosives

Secundaire explosieven (ADR 1.1D,E,F)

- Matig gevoelig (varieert)
- Grootste groep explosieven
- Grote variatie in sterkte + toepassingsgebied
- Enkele veel voorkomende:
  - RDX (cyclotrimethylenetrinitramine)
  - Nitroglycerine
  - PETN (pentaerythritol tetranitraat, Pentriet)
  - Nitroglycol
  - HMX
  - TNT (trinitrotolueen)
  - Picrinezuur (TNP, picric acid)
  - Tetryl

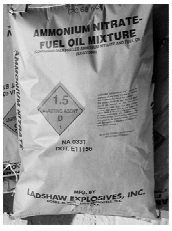


17

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: High explosives

Tertiaire explosieven (ADR 1.4, 1.5, 1.6)



- Zeer ongevoelig
- Vooral ANFO, of bep. militaire munitie (FOX-7, NTO, TATB)
- **ANFO: Ammonium nitraat (poeder/korrels) + vloeibare brandstof (2-5%)**
- Zeer makkelijk te maken + erg goedkoop → gebruikt in grote hoeveelheden
- Geavanceerdere brandstoffen (nitromethaan, hydrazine,…) → krachtiger
- Zgn. “kunstmestbom”: ammonium nitraat verkrijgbaar als kunstmest (NPK 33-0-0)
- Veel gebruikt in commerciële toepassingen
- Ammonium nitraat kan exploderen indien grote hoeveelheden branden in ingesloten ruimte (zie Texas City explosie in 1947)

18

2. Explosies: Oorzaken

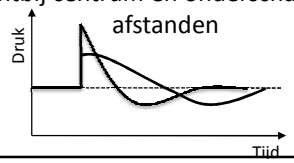
2.1 Chemische explosies: High explosives

Explosiekracht

- Uitgedrukt in %TNT of explosie efficiëntie (α)
- Zet massa explosief om in equivalente massa TNT: $\alpha \times M_{ex} = M_{eq,TNT}$
- 20% veiligheidsfactor : $1,2 \times \alpha \times M_{ex} = M_{eq,TNT}$
- Eenvoudig model, snelle resultaten
- Niet zo accuraat als complexere modellen (bv. CFD)
- TNT is een gecondenseerd explosief <-> Volumetrische explosieven

⇩

Overschatting druk dichtbij centrum en onderschatting druk op over langere afstanden



19

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: High explosives

TNT equivalent enkele explosieven

Explosief	TNT eq. (%)	Explosief	TNT eq. (%)
Lood azide	40	Picrinezuur	110
DDNP	105	Tetryl	130
Kwik fulminaat	51	ANFO	30-80*
TATP	80	Nitromethaan	101
RDX	150	C4	130
Nitroglycerine	140	PETN	145
HMX	150	AN	56
TNT	100	Dynamiet	105

*: Afhankelijk van hoeveelheid + type toegevoegde brandstof

Hangt wel af van welke vergelijkingsmethode gebruikt werd

20

2. Explosies: Oorzaken

2.2 Chemische explosies: Low explosives (LE)

Pyrotechnisch materiaal (ADR 1.1, 1.3, 1.4 **G)**

- Mengsels van brandstof en oxidator (niet lucht)
- Compositie hangt af van gewenste effect (licht, geluid, rook, …)
- Kunnen zeer gevoelig zijn aan ontbranding door vonken, vlammen, …
- Bij insluiting/grote hoeveelheden kunnen deze zeer destructief zijn (vb. Vuurwerkramp Enschede)

Vuurwerk type	**Bestanddelen**
Ontstekingsas (first fire)	Buskruit, (per)chloraat
Vertragingscompositie	Chromaten/metaaloxiden + brandstof
Rook effect	Sublimerende kleurstof, witte fosfor,…
Licht effect	Mg of Al poeder + oxidants
Geluid effect	Sas + picraten

21

2. Explosies: Oorzaken

2.2 Chemische explosies: Low explosives (LE)

Aandrijfstoffen

- Geoptimaliseerd voor **gasproductie**
- Munitie (nitrocellulose)
- Raketbrandstoffen (perchloraten, ADN, …)
- Airbags, gordelspanners (natrium azide of stikstofrijke moleculen)
- Meestal vrij gevoelig, vooral voor vonken, vlammen

TNT Equivalent van LE: 40% (= buskruit in *worst case* scenario)

22

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: High explosives

Hantering gecondenseerde explosieven

- **Zo veel mogelijk afstand houden**
- Beschermende kledij (vooral ogen, vitale delen, oren)
- Fragmentatie in rekening nemen! (glazen recipiënten,…)
- Contaminatie kan explosief extra onstabiel maken, vooral (sterke) zuren en metalen
- Opletten voor breken grote kristallen
- Wrijving/impact/hitte vermijden
- Statische elektriciteit!
- Sublimatie op schroefdeksel
- **Vermijd insluiting**
- Vooral opletten bij: **oude stalen, primaire explosieven, zelfgemaakte explosieven**

23

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: High explosives

Interventie bij grote hoeveelheden ADR klasse 1

- **Evacueren** als lading in brand staat!
- Overspoelen met **water**
- **Ontstekingsbronnen verwijderen** bij lek
- **Niet opruimen zonder raad expert**
- Perimeter: zie deel 2 of ERG:
  - ADR *1.1, 1.2, 1.3, 1.5*: **800 m** (lek) / **1600 m** (brand)
  - ADR *1.4, 1.6*: **250 m** (lek) / **500 m** (brand)
  - ADR *1.4S*: **15 m**

24

2. Explosies: Oorzaken

2.2 Chemische explosies: Volumetrische explosie

Gevoeligheid

- **LEL** (Lower Explosive Limit): Minimale concentratie in lucht voor een explosie
- **UEL** (Upper Explosive Limit): Maximale concentratie in lucht voor een explosie
- **Flikkerpunt** *(flashpoint)***:** minimale temperatuur waarboven vloeistof brandt bij onsteking (blijft branden = vlampunt)
- **Zelfonstekingstemperatuur:** waarbij stof vanzelf ontbrandt
- **Minimale onstekingsenergie (MIE):** Minimale energie om brandstof te onsteking bij optimale concentratie

25

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: Volumetrische explosie

Gevoeligheid

Parameter	LEL/UEL	Zelfonstekingstemp.	MIE
Temperatuur ↑	↓/↑	-	↓
Druk ↑	↓/↑	↓	↓
Ontstekingsenergie ↑	↓/↑	-	-
Vochtigheid ↑	↑/-	↑	↑
Zuurstofconc. ↑	-/↑	↓	↓
Partikelgrootte ↓	↓/-	-	↓
Turbulentie ↑	-	-	↑

26

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: Volumetrische explosie

Vloeistof/Gas	LEL (%)	UEL (%)	Vlampunt (°C)	Zelfonsteking (°C)	MIE (mJ)
Aceton	2,6	12,8	-20	465	1,15
Acetyleen	2,5	100	-18	305	0,02
Ammoniak	15	28	11	651	680
CS_2	1,3	50	-30	90	0,009
Cyclohexaan	1,3	8	-20	245	0,223
Diethyl ether	1,9	36	-45	180	0,19
Ethanol	3,3	19	13	363	0,65
Waterstof	4	75	-253	570	0,018
Methaan	5	15	-188	537	0,280
Methanol	6,7	36	11	464	0,140
Tolueen	1,27	6,75	4	480	0,24
Propaan	2,1	9,5	-104	450	0,250
CO	12,5	74	-191	609	<0,3
Ethyleenoxide	3	100	-55	429	0,062
Diesel	0,5	7,5	52-96	254-446	0,23

27

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: Volumetrische explosie

Stof (med Ø)	LEL (g/m^3)	Zelfonsteking (°C)	MIE (mJ)
Cellulose (51)	100	500	250
Koffiepoeder (<10)	60	470	-
Melkpoeder (165)	60	460	75
Bruin steenkool (41)	30	420	160
Tarwemeel (65)	60	410	>100
Polyethylene (150)	150	480	-
Aluminium (23)	60	560	10
Zink (15)	400	540	750
Zwavel (180)	-	260	100-300

28

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies

Ontsteking

1. Mechanisch:
   - Impact: productie vonken. Vooral Mg,Al,Ti legeringen met roestig metaal -> Thermietreactie
   - Wrijving: wekt warmte op
2. Thermisch:
   - Hete oppervlakten/deeltjes
   - Open vlam
   - Verbrandingsmotoren
   - Schokgolven (adiabatische compressie)

29

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies

Ontsteking

3. Elektrisch:
   - Statische ontlading: vonk
   - Bliksem
   - Hoogfrequente EM straling: hoge intesiteit, antenne en elektrisch contact nodig voor vonk
   - Elektrische schakelaars
   - Gefocust licht
4. Chemisch:
   - Exotherme reacties
   - Decompositie
   - Polymerisatie

30

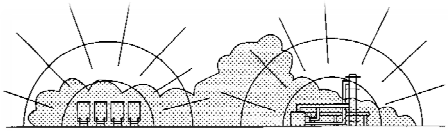
2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: Volumetrische explosie

VCE (Vapour Cloud Explosion)

- Deflagreren/detoneren van brandstofwolk waarbij **overdruk** (tot 10 bar) gegenereerd wordt
- Bv. na lek of in pijpleidingen/reactorvaten
- Insluiting nodig, bv. Afgesloten ruimte, omringende gebouwen,…





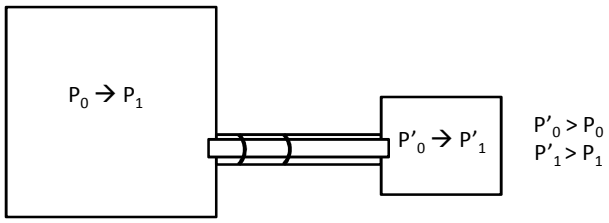
31

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: Volumetrische explosie

VCE (Vapour Cloud Explosion)

- Gas verspreidt zich gemakkelijk, concentratie kan traag opbouwen
- Veel lagere MIE als stofexplosies (uitz. metaalstof, ammoniak)
- Meestal onzichtbaar (tenzij nevel)
- Meer turbulentie (obstakels, etc.)→ hevigere explosie
- Drukstijging is relatief t.o.v. de begindruk!! → *Pressure Piling*



32

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: Volumetrische explosie

VCE (Vapour Cloud Explosion)

- Explosieve kracht inschatten: **TNT equivalentiemodel** (*Harris-Wickens*)
- Op basis van verbrandingsenergie van brandstof :

$$W_{TNT} = \alpha \frac{\Delta H_c M}{E_{TNT}}$$

Met α = explosie efficiëntie, ΔH_c = verbrandingswarmte, W = massa brandstof, E_{TNT} = 4,6 MJ/kg, W_{TNT} = equivalente massa TNT

- Enkel **massa van ingesloten brandstof: α = 0,2**
- Komt overeen met *worst-case* scenario van geavanceerdere modellen (multi-energiemethode)
- Overdruk in de brandstofwolk wordt gelijk aan **1 bar** gesteld
- Overschat wel zwakke explosies (overdruk < 1 bar)

33

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: Volumetrische explosie

Verbrandingsenthalpieën

Stof	ΔH_c [kJ/kg]
Waterstof	142900
Ammoniak	22518
Hydrazine	20847
Methaan	55675
Acetyleen	50042
Propane	50436
Ethanol	29713
Diethyl ether	36809
Aceton	30860
Azijnzuur	14570

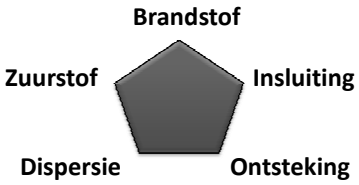
34

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: Volumetrische explosie

Stofexplosies

- Deflagreren van stofwolk (Ø< 0.5 mm) van brandbare vaste stof waarbij **overdruk** (tot 10 bar) gegenereerd wordt
- Door grote specifieke oppervlakte: snelle ontbranding
- Insluiting en **dispersie** is noodzakelijk
- Stofexplosie pentagon:



35

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: Volumetrische explosie

Stofexplosies

- Meestal minder hevig dan gasexplosies (tragere verbranding)
- Stofwolken hebben zeer breed explosiedomein 20-60 g/m^3 tot 2-3 kg/m^3
- Concentratie stof in wolk niet homogeen
- LEL stofexplosie >> schadelijke concentratie stof
- Belemmert zicht
- Stofwolk slaat neer zonder turbulentie
- Stoflagen kunnen onopgemerkt blijven
- Metaalstof (Al, Mg): zeer hevige explosies, lage MIE



- Aanwezigheid brandbaar gas: makkelijkere ontsteking (LEL↓ , MIE↓, overdruk ↑)

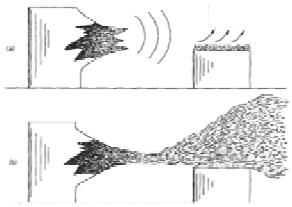
36

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: Volumetrische explosie

Stofexplosies

- Meestal eerst kleinere primaire explosie: opdwarrelen opgehoopt stof en ontsteking→ Veel krachtigere secundaire explosie
- **Stofophoping gevaarlijk van zodra men erin kan schrijven of voetstappen zien**
- Gevaarlijke concentratie in lucht: **25W lamp niet meer goed zichtbaar vanaf 2 m afstand of eigen uitgestrekte arm niet meer zichtbaar**







37

2. Explosies: Oorzaken

2.1 Chemische explosies: Volumetrische explosie

Stofexplosies

- Meestal minder hevig dan gasexplosies (tragere verbranding)
- Maar voor zelfde volume: meer stof kan exploderen i.v.m. VCE
- Vaak deel onverbrand stof naar buiten geslingerd: ontbrand daar
- Explosiekracht ook uit te drukken met TNT equivalentie (zie VCE): **α = 0,1**

$$W_{TNT} = \alpha \frac{\Delta H_c M}{E_{TNT}}$$

Stof	ΔH_c [kJ/kg]
Hout	21700
Steenkool	32500
Zwavel	9163
Aluminium	31000

38

2. Explosies: Oorzaken

2.2 Fysische explosies

Drukvat explosie

- Falen recipiënt van (vloeibaar) gas onder (hoge) druk
- Door overvullen, exotherme reactie, verwering vat
- Plotse drukstijging door expansie → schokgolf
- Ideaal gas: vgl. van Baker

$$E = \frac{P_1 V_1}{\gamma - 1}\left(1 - \left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right)$$

Met P_1 = Druk in vat, V_1 = volume vat, P_0 = atmosferische druk, γ_1 = warmte capaciteit ratio

Gas	γ
Waterstof	1,41
Argon	1,67
Helium	1,66
Lucht	1,4
CO2	1,3
Zuurstof	1,4
Stikstof	1,4
Ammoniak	1,31

- Niet-ideaal gas: via verschil inwendige energieën

$$E = M(u_1 - u_2)$$

Met u_1 = interne energie van het gas, u_2 = intene energie van de vloeistof, M = massa

39

2. Explosies: Oorzaken

2.2 Fysische explosies

Implosie

- Falen recipiënt met zeer lage onderdruk (<< 1 bar)
- Atmosferische lucht stroomt zeer snel inwaarts
- **Weinig energie vrijgave** wegens klein drukverschil (<1 bar)
- Voor zeer lage drukken:

$$E = VP_0$$ *Met V = volume recipiënt , P_0 = atmosferische druk*

- Na implosie worden fragmenten van recipiënt wel terug uitwaarts geslingerd

40

2. Explosies: Oorzaken

2.2 Fysische explosies

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)

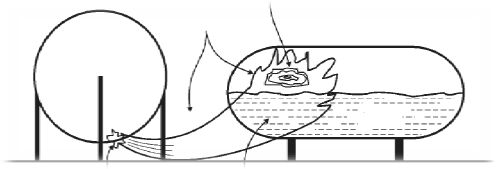
- Vloeistof boven kookpunt in drukvat dat plots openbarst met explosieve verdamping (*flashing*) tot gevolg
- Meestal door externe brand:
  - Brand doet vloeistof verdampen: P stijgt
  - Veiligheidsklep opent: uitdampen vloeistof
  - Tot brand boven vloeistofniveau: T_{wand} ↑ tot deze scheurt
  - Explosieve *flashing* van deel resterende vloeistof
- Vloeistof hoeft niet brandbaar te zijn (vuurbal indien wel)
- Tijd van begin brand tot BLEVE: 5-30 min, isolatie van tank: langere tijd

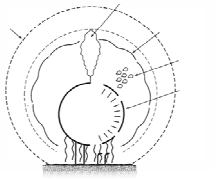
41

2. Explosies: Oorzaken

2.2 Fysische explosies

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)





42

2. Explosies: Oorzaken

2.2 Fysische explosies

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)

- Veiligheidsklep kan indicatie gevaar zijn (continu open = veel verdamping)
- BLEVE onder controle houden: tank koelen! (10 L/min per m^2)
- Druk ontlasten indien mogelijk
- Extern vuur blussen
- Hoger risico op BLEVE:
  - Tank volledig verzwolgen door vuur
  - Steekvlam op tank
  - Contact vuur hoog op tank
- Mogelijke vrijgave toxische producten!

43

2. Explosies: Oorzaken

2.2 Fysische explosies

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)

- Belangrijke factor: T_s = Superheat limit voor explosieve flashing
- $T_s = 0.895\ T_c$, *met T_c = kritische temperatuur*
- $T < T_s$: "koude" BLEVE
- $T \geq T_s$: "warme" BLEVE
- Schokgolf:
  - Door drukexplosie ($T < T_s$): Vgl. van Baker, zie eerder
  - Door explosieve flashing ($T \geq T_s$): Vgl. Niet-ideaal gas, zie eerder
  - **LPG: $M_{TNT} = 0.013\ M_{LPG}$**
- Vuurbal + Fragmenten: zie deel 3

Stof	T_c (°C)	T_s (°C)
Propaan	97	87
Ammoniak	132	118
Methaan	-82	-73
Zuurstof	-119	-107
Lucht	-141	-126
Water	374	335

44

2. Explosies: Oorzaken

2.2 Fysische explosies

Thermische explosie

- Zeer plotse opwarming van vloeistof/vaste stof
- Zeer snelle faseovergang vloeistof/vaste stof → gas
- Expansie veroorzaakt schokgolf
- Bv.: gesmolten staal + water, Hete olie + water,…

45

2. Explosies: Oorzaken

2.3 Nucleaire explosie

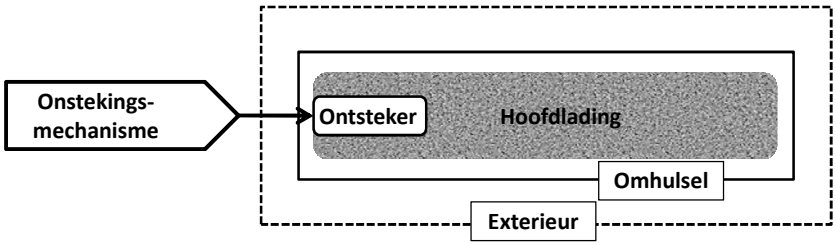
- Energie door fissie of fusie atoomkernen
- Zeer grote kracht (kiloton – megaton TNT equivalent)
- Effecten: Schokgolf (±50%), Thermische straling (±35%), Nucleaire straling (±5%), Residuele straling (±10%)
- T ≈ 10 miljoen °C
- Basisprincipe kernbom: Kritische massa bereiken (kettingreactie)
- Basisprincipe thermonucleair wapen: via fissie hoge temperaturen voor kernfusie bereiken

46

2. Explosies: Oorzaken

2.5 Geïmproviseerde explosieven

• Basisschema:



• **Exterieur:** Deel van contraptie die zichtbaar is (open, gesloten of deels open)
Kan eender wat zijn (buis, rugzak, auto, …)

47

2. Explosies: Oorzaken

2.5 Geïmproviseerde explosieven

• **Omhulsel:** bevat explosieve lading

- Kan uit vele materialen gemaakt zijn (ijzer, karton, hout,…)
- Bepaalde configuratie (bv. holle lading)
- Vaak geoptimaliseerd voor maximale fragmentatie
- Houd vaak ook de andere componenten samen
- Voor LE is een goede insluiting nodig, dus ook goede afsluiting omhulsel
- LE veroorzaken grotere fragmenten dan HE

48

2. Explosies: Oorzaken

2.5 Geïmproviseerde explosieven

- **Ontstekingsmechanisme:** actueert lading
  - Actief, passief of op commando
  - Elektrisch, mechanisch, chemisch of combinatie
  - Goed design: scherpstellingsmechanisme
  - Soms meerdere mechanismen als failsafe/anti-tamper

- **Hoofdlading:** HE of LE (soms ook combinatie)
  - Kleine IED: meestal LE (makkelijker te fabriceren)
  - Grote IED: meestal ANFO (+booster)
  - Extra materialen, bv. butaanfles
  - Zelfgemaakt, gestolen of van munitie

49

2. Explosies: Oorzaken

2.5 Geïmproviseerde explosieven

- **Ontsteker:** ontsteekt lading, moelijkst te improviseren
  - Voor LE (vlam) of HE (DDT)
  - Als geïmproviseerd, meest onbetrouwbare deel
  - Klein
  - Elektrisch, mechanisch (impact) of via lont
  - Vaak gebruikte stoffen: buskruit, gemalen luciferkoppen, nitrocellulose, geïmproviseerde primaire explosieven,…
  - Hantering geeïmproviseerde detonatoren is zeer gevaarlijk

50

2. Explosies: Oorzaken

2.5 Geïmproviseerde explosieven

- **Buskruit:** KNO_3 / NH_4NO_3 / $NaNO_3$ + C /suiker (+S) → kunstmest
- **Chloraten**: $KClO_3$ / $NaClO_3$ + brandstof (C/suiker) → Javel
- **Gemalen luciferkoppen**
- **Metalen + oxidants:** Al/Mg + oxidants (KMnO4,…)
- **Nitrocellulose**: uit munitie,…

- **ANFO:** NH_4NO_3 + brandstof (diesel, …) → grote schaal, goedkoop
- **Chloraten:** $KClO_3$ / $NaClO_3$ (+ plasticizer (vaseline,…)) → niet sterk
- **Dynamieten:** nitro-ester + drager (NH_4NO_3 , …) → gevaarlijke synthese
- **ANAP:** NH_4NO_3 + TCAP → gevaarlijk (!!!)
- **KINEPAK**: NH_4NO_3 + nitromethaan → veel krachtiger dan ANFO
- **Ureum nitraat:** Ureum + salpeterzuur (verdund)
- **Picrinezuur:** uit aspirine + zwavelzuur + K/Na/NH_4 NO_3

51

2. Explosies: Oorzaken

2.5 Geïmproviseerde explosieven

- **CTAP (TATP, AP, aceton peroxide):**
  - Vaak voorkomend
  - Eenvoudige synthese
  - Zeer gevaarlijk (zeker bij slechte synthese)
  - Uit aceton, waterstofperoxide (verdund) + mineraal zuur
  - Synthese zeer tolerant tegen onzuiverheden / verdunning

- **DDNP:** uit picrinezuur, S, NaOH en $NaNO_2$ → veiliger + krachtiger, moeilijkere synthese
- **Loodazide:** uit NaN_3 uit airbags

52

2. Explosies: Oorzaken

2.5 Geïmproviseerde explosieven

- **Chemische bewerkingen**
  - Reactie (vaten, geleipotten,…), vaak gekoeld (ijsbad)
  - Filtratie (koffiefilters, …)
  - Drogen (op krantenpapier, verwarming, …)
  - Fijnmalen (koffiemaler, mortier/stamper)
- **Gevaren:**
  - Chemicaliën (ook afvalfracties)
  - Grote hoeveelheden gevoelige, drogende peroxiden
  - Onstabiele explosieven in fragmenterende recipiënten

- **Explosieven <-> drugs:** aanwezigheid andere componenten voor IED, literatuur, (minder complexe opstellingen)

53