

Bezpečnostní inženýrství

- Požáry a exploze-
- PREVENTCE -

Zabránění vzniku

hořlavých/výbušných směsí (= inertizace, ventilace)

- mimo meze výbušnosti
- pod bodem vzplanutí
- pod hranicí minimální koncentrace kyslíku

Omezení výskytu

iniciačních příčin (např. eliminace statické elektřiny)

- nelze je zcela odstranit

Omezení šíření

konstrukční protivýbuchová ochrana

- odlehčení výbuchu
- konstrukce odolné výbuchu
- zabránění přenosu plamene a výbuchu

Vznícení

- styk hořlavé směsi s energetickým zdrojem dostatečným pro to, aby se její teplota zvýšila až na úroveň, při které dojde k hoření

Zdroj energie

Tepelná

- plamen, roztavený kov, horké těleso

Mechanická

- náraz, tření, u výbušin nápich, průstřel, zrychlení

Elektrická

- výboj, jiskra, oblouk

Světelná

- světelné záření

Detonace

- detonační vlna jiné výbušiny, tepelný efekt při jaderném výbuchu

Chemická

- uvolnění tepla chemickou reakcí

Příčiny vzniku velkých požárů

Electrical (wiring of motors)	23%
Smoking	18%
Friction (bearings or broken parts)	10%
Overheated materials (abnormally high temperatures)	8%
Hot surfaces (heat from boilers, lamps, etc.)	7%
Burner flames (improper use of torches, etc.)	7%
Combustion sparks (sparks and embers)	5%
Spontaneous ignition (rubbish, etc.)	4%
Cutting and welding (sparks, arcs, heat, etc.)	4%
Exposure (fires jumping into new areas)	3%
Incendiarism (fires maliciously set)	3%
Mechanical sparks (grinders, crushers, etc.)	2%
Molten substances (hot spills)	2%
Chemical action (processes not in control)	1%
Static sparks (release of accumulated energy)	1%
Lightning (where lightning rods are not used)	1%
Miscellaneous	1%

Minimální energie pro vznícení (Minimum Ignition Energy, MIE)

- MIE je minimální energie potřebná k iniciaci hoření. Všechny hořlavé materiály (včetně prachů) mají MIE.
- MIE závisí na chemické látce, směsí, koncentraci, tlaku a teplotě.
- Hodnota MIE klesá s rostoucím tlakem.
- MIE prachů má obecně na vyšší hodnoty než hořlavé plyny.
- Přídavek inertu zvyšuje MIE.
- Běžné zdroje elektrostatických výbojů jsou v hodnotách až 20 mJ.
- Hodnoty MIE
 - vodík, nenasycené uhlovodíky, alkány: 1 - 100 μ J (v kyslíkové atmosféře)
 - alkány, benzín, prachové směsi: 0,1 - 10 mJ (ve směsi se vzduchem)
 - běžné uhlovodíky: 0,25 mJ
 - běžné prachové směsi: 0,01 - 10 J

Plamen

- patří mezi účinné zápalné zdroje, je možno zapálit prakticky všechny hořlavé látky
- běžné teploty 700 – 1 500 °C (3 000°C acetylén-kyslík)

Plamen v topeništi

- plynná paliva: 1 200 – 1 400 °C
- kapalná paliva: 1 100 – 1 300 °C
- tuhá paliva: 1 000 – 1 200 °C
- bezpečnostní problémy:
 - užití náhradního paliva o nižší nebo vyšší výhřevnosti
 - řádné vyvětrání spalovacího prostoru před zapálením
 - dostatečná teplota spalin nad rosným bodem
 - čištění kouřovodů – vyloučení vznícení usazenin
 - ochrana proti selhání iniciace a zapálení, nedostatku plynu, nedostatku vzduchu odtržení plamene od hořáku

Plamen při svařování a řezání

- velké tepelné výkony a vysoké teploty ~ 3 000 °C
- jedna z nejčastějších příčin požáru
- tvorba jisker = účinné iniciační zdroje
- příklad ochranné zóny při svařování ve výšce 2 m:



Tlak kyslíku v hořáku (bar)	Vzdálenost dopadu jisker (m)	Vzdálenost dostřiku kapek kovu (m)	Vzdálenost možné iniciace (m)
0,25	3,0 – 3,5	1 - 3	5 - 6
0,50	4,0 – 4,2	1 - 3	5 - 7
0,70	5,0 – 6,0	1 - 4	6 - 10

- ⇒ např. pro tlak kyslíku 0,7 bar musí být z okruhu 10 m odstraněny všechny hořlavé látky
- ⇒ v místech výskytu hořlavých prachů očistit prostory nad místem svařování/řezání (nebezpečný je náhodně rozvířený prach během sváření/řezání pohybem lidí nebo strojů)

$$r = 2,1\sqrt{h p_{O_2}} + 1,5$$

r - poloměr ochranné zóny, m

h - pracovní výška, m

p_{O_2} - tlak kyslíku na hořáku, bar

Jiskry při mechanickém řezání

- při řezání oceli tvrdším kovem nebo nekovovým materiálem
např. teplota jisker třením uhlíkové oceli o korundový kotouč je okolo 1 800 °C ve vzdálenosti 50 cm od kotouče



- malá mechanická energie potřebná pro vytvoření jiskry je $5 \cdot 10^{-3}$ Nm (J)
- volný pád ocelové jehly na korundový kotouč: $6 \cdot 10^{-2}$ Nm (J)
= jiskra schopná iniciace

Zahřívání při tření těles

Přehřívání ložisek

- porucha mazání, znečistění třecích ploch nebo maziva, deformace ložiska, nevhodná volba oleje (mazadla), malé přiváděné množství oleje
- špatný odvod tepla do okolí
- normální teplota ložisek 35 °C, max. 75 °C

Nárůst teploty rázovou vlnou a adiabatickou kompresí

- dochází ke zvýšení teploty, může iniciovat hořlavé soubory
 - zejména výbušné směsi a usazený prach
- zvýšením teploty nad teplotu samovznícení může dojít k výbuchu

$$T_{\text{konečná}} = T_{\text{počáteční}} + \Delta T$$

Rázová vlna

- ohřev plynovzduchové směsi, která proudí vysokou rychlostí ($> 100 \text{ m/s}$) a zabrzdí se v důsledku odporu překážky
 - např. při náhlém výtoku stlačených plynů z potrubí

$$\Delta T = \frac{v^2}{1,995 c_p}$$

ΔT - nárůst teploty, K

v - rychlost proudění, ms^{-1}

c_p - měrná tepelná kapacita, $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$

Adiabatická komprese

$$\Delta T = T_{\text{počáteční}} \left[\left(\frac{p_{\text{konečná}}}{p_{\text{počáteční}}} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

$p_{\text{počáteční}}$, $p_{\text{konečná}}$ - počáteční a konečný tlak, Pa

n - polytropický exponent, c_p/c_v

Statická elektřina

= obvyklá příčina vznícení v chemickém průmyslu, ale jedna z nejhůře stanovitelných příčin havárií

Statická elektřina je označení pro jevy způsobené nashromážděním elektrického náboje na povrchu různých těles a předmětů a jejich výměnou při vzájemném kontaktu.

- rizika spojená s akumulací a náhlým uvolněním elektrostatického náboje
 - jiskra
- v podstatě neodstranitelná
 - prevence:
 - potlačení nebo omezení tvorby
 - pro případy nevyhnutelné akumulace náboje – minimalizace nežádoucích následků výboje (inertizace)

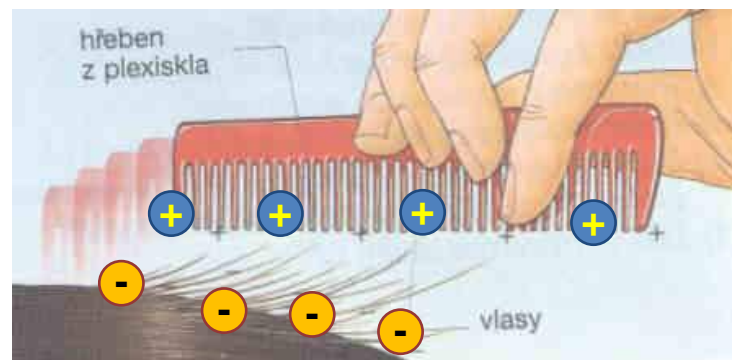
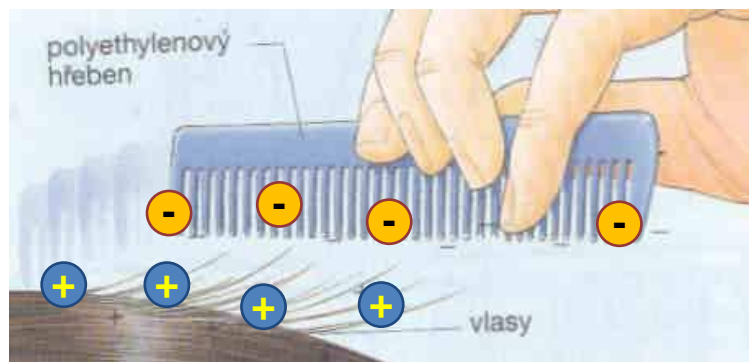
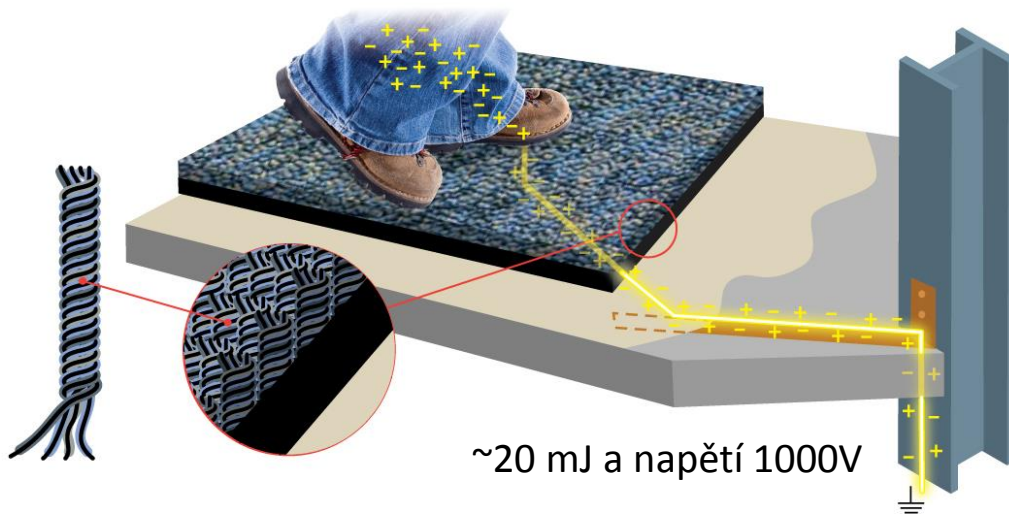
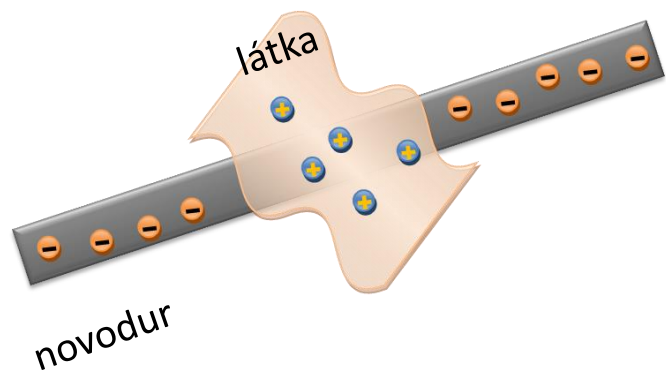
Statická elektřina: vznik náboje

- Elektrický náboj se akumuluje na povrchu tuhých materiálů
- Vznik náboje statické elektřiny
 - Kontakt dvou materiálů
 - Migrace elektronů
 - Přerušení kontaktu – opačně nabitě povrchy
- Vliv dielektrických vlastností materiálů
 - 2 dobré vodiče
 - elektrony velmi mobilní – malý náboj
 - alespoň 1 špatný vodič
 - elektrony málo mobilní – velký náboj

Statická elektřina: vznik náboje

Domácnost

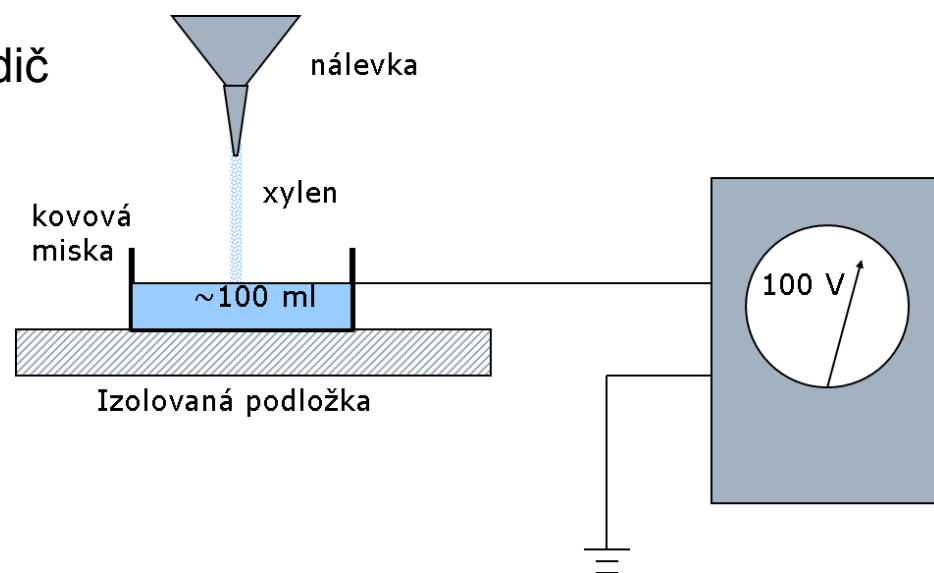
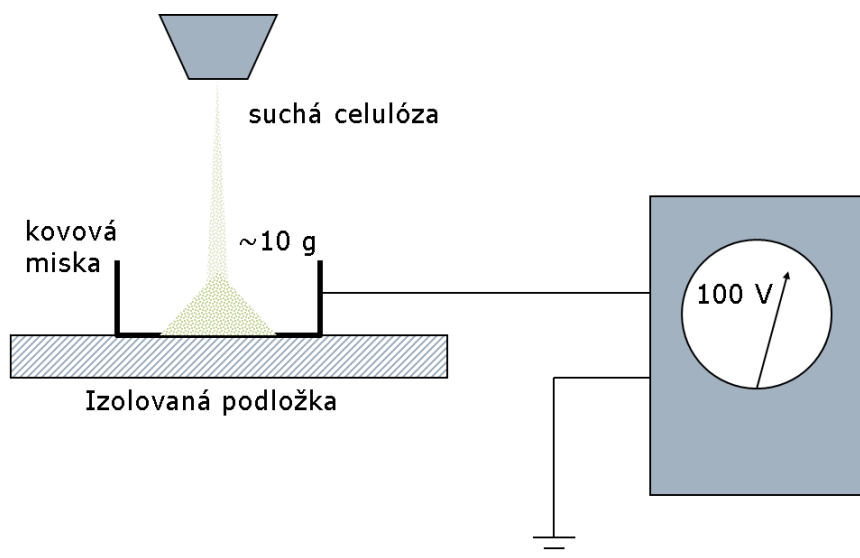
- čištění bot na rohožce
- česání vlasů
- svlékání svetru
- ...



Statická elektřina: vznik náboje

Průmysl

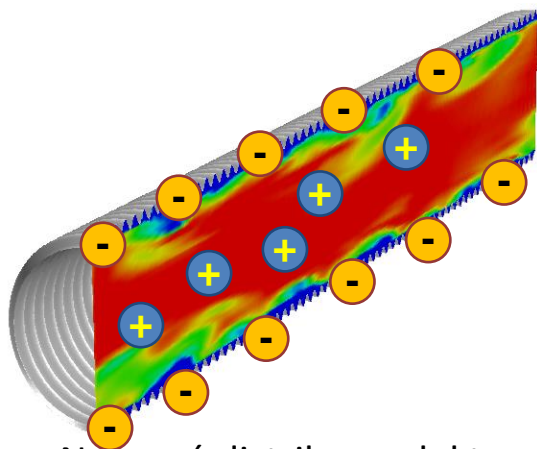
- čerpání nevodivé kapaliny trubkou
- míchání emulzí
- doprava sypkých látek
- tryskání páry na neuzemněný vodič
- ...



Statická elektřina: vznik náboje

Doprava kapalin

- většina hořlavých kapalin se snadno nabíjí a svůj náboj si dlouho udržuje
 - nejvyšší hodnoty náboje: sirouhlík, diethyléter, benzín, benzen, uhlovodíky, ...
- doprava sypkých látek
- náboj vzrůstá při konstantní rychlosti proudění s rostoucím průměrem potrubí
- náboj vzrůstá při konstantním průměru potrubí s rostoucí rychlosti proudění
- nad hladinou kapalin se mohou vytvářet výbušné směsi par se vzduchem



Nerovná distribuce elektronů na rozhraní trubky a tekutiny

- vzniká elektroforetický proud

Tekoucí elektrický proud

$$I_s = \frac{f \rho v^2}{2} \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 \zeta}{\eta}$$

f - Fanningův součinitel tření $= \lambda/4$, -

ρ - hustota tekutiny, kg m^{-3}

ε_r - relativní dielektrická konstanta, -

ε_0 - permitivita vakua, $8,85 \cdot 10^{-12} (\text{C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2})$

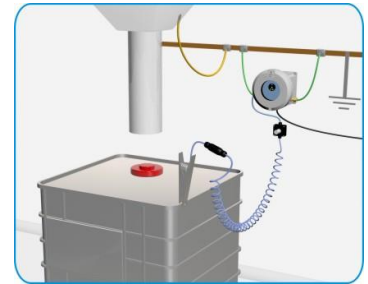
ζ - zeta potenciál $0,01 - 0,1 \text{ V}$

η - dynamická viskozita tekutiny, Pas

Statická elektřina: vznik náboje

Doprava kapalin - prevence

- zcela zaplněné
- dopravované hořlavé kapaliny musí být čisté, nečistoty a kapky vody zvyšují vodivost kapaliny
- rychlost proudění musí být v souladu s použitou kapalinou
 - estery, ketony a alkoholy: max. 10 ms^{-1}
 - ropné produkty podle průměru potrubí: $\sim 1,5 \text{ ms}^{-1}$
- osoby manipulující s hořlavými kapalinami nesmějí nosit oděv z plastických hmot a obuv musí mít vodivou podešev
- podlahy ve výrobnách a provozovnách s hořlavými kapalinami musí být opatřeny vodivou povrchovou krytinou nebo vodivou vrstvou
- **všechny vodivé části technologického zařízení musí být uzemněny**



Statická elektřina

Prevence akumulace náboje a jiskření

- Relaxace
- Nulování a zemnění
- Ponorné trubky
- Zvyšování vodivosti aditivy (antistatická aditiva)
 - alkohol
 - voda
 - polární kapaliny

Statická elektřina - relaxace

Přivádění kapaliny do zásobníku shora

- náhlé oddělení rychle tekoucí kapaliny od stěny

Rozšíření trubky před vstupem do zásobníku

- zpomalení proudění
- dostatek času pro disipaci náboje

Empiricky

- doba zdržení v rozšíření má být 2x větší než relaxační doba pro danou kapalinu

Relaxační doba, s

$$\tau = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0}{\gamma_c}$$

ε_r - relativní dielektrická konstanta, -

ε_0 - permitivita vakua, $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ (C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}\text{)}$

γ_c - specifická vodivost kapaliny (konduktivita), S m^{-1}

Statická elektřina - relaxace (data)

Material	Specific conductivity ² (mho/cm)	Dielectric constant
Liquids		
Benzene	7.6×10^{-8} to $<1 \times 10^{-18}$	2.3
Toluene	$<1 \times 10^{-14}$	2.4
Xylene	$<1 \times 10^{-15}$	2.4
Heptane	$<1 \times 10^{-18}$	2.0
Hexane	$<1 \times 10^{-18}$	1.9
Methanol	4.4×10^{-7}	33.7
Ethanol	1.5×10^{-7}	25.7
Isopropanol	3.5×10^{-6}	25.0
Water	5.5×10^{-6}	80.4
Other materials and air		
Air		1.0
Cellulose	1.0×10^{-9}	3.9–7.5
Pyrex	1.0×10^{-14}	4.8
Paraffin	10^{-16} to 0.2×10^{-18}	1.9–2.3
Rubber	0.33×10^{-13}	3.0
Slate	1.0×10^{-8}	6.0–7.5
Teflon	0.5×10^{-13}	2.0
Wood	10^{-10} to 10^{-13}	3.0

¹J. H. Perry, *Chemical Engineers' Handbook*, 3d ed. (New York: McGraw-Hill, 1950), p. 1734.

²Resistance = 1/conductivity = 1/(mho/cm) = ohm cm.

$$\tau = \frac{\epsilon_r \epsilon_0}{\gamma_c}$$

Příklad:

toluen, příčina cca 75% požárů

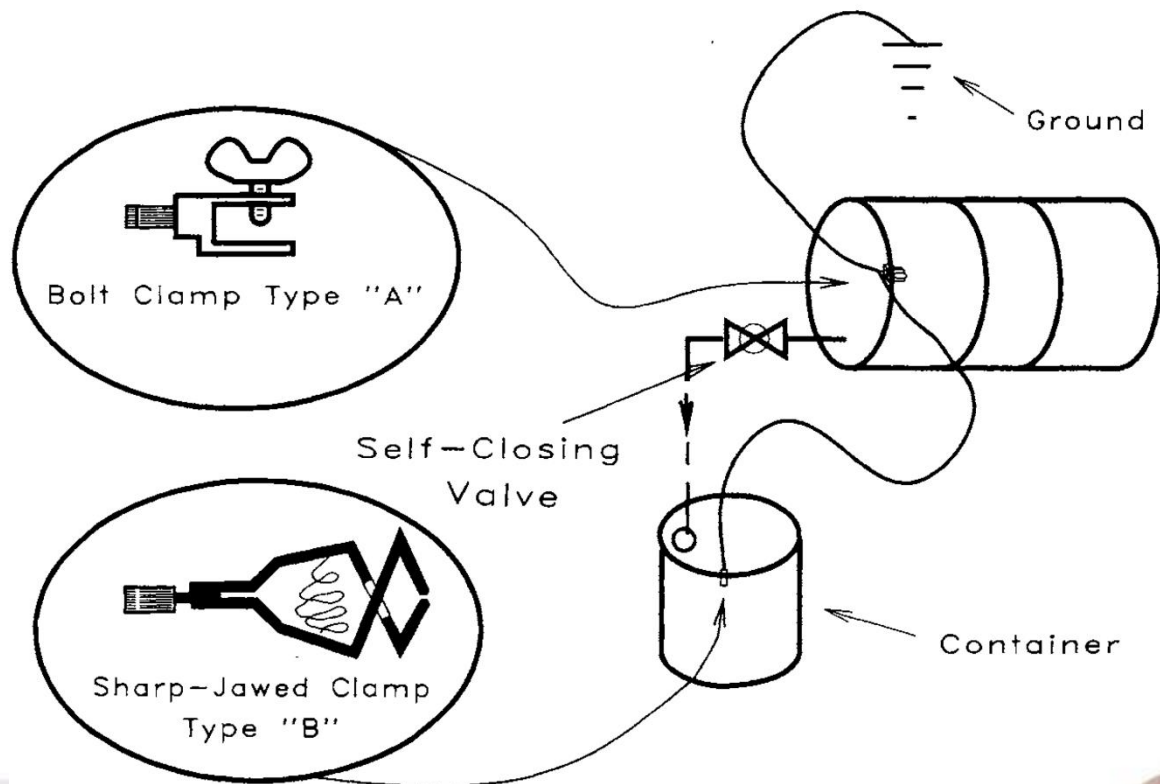
- špatná vodivost
- relaxační čas 21 s

ϵ_r - relativní dielektrická konstanta, -

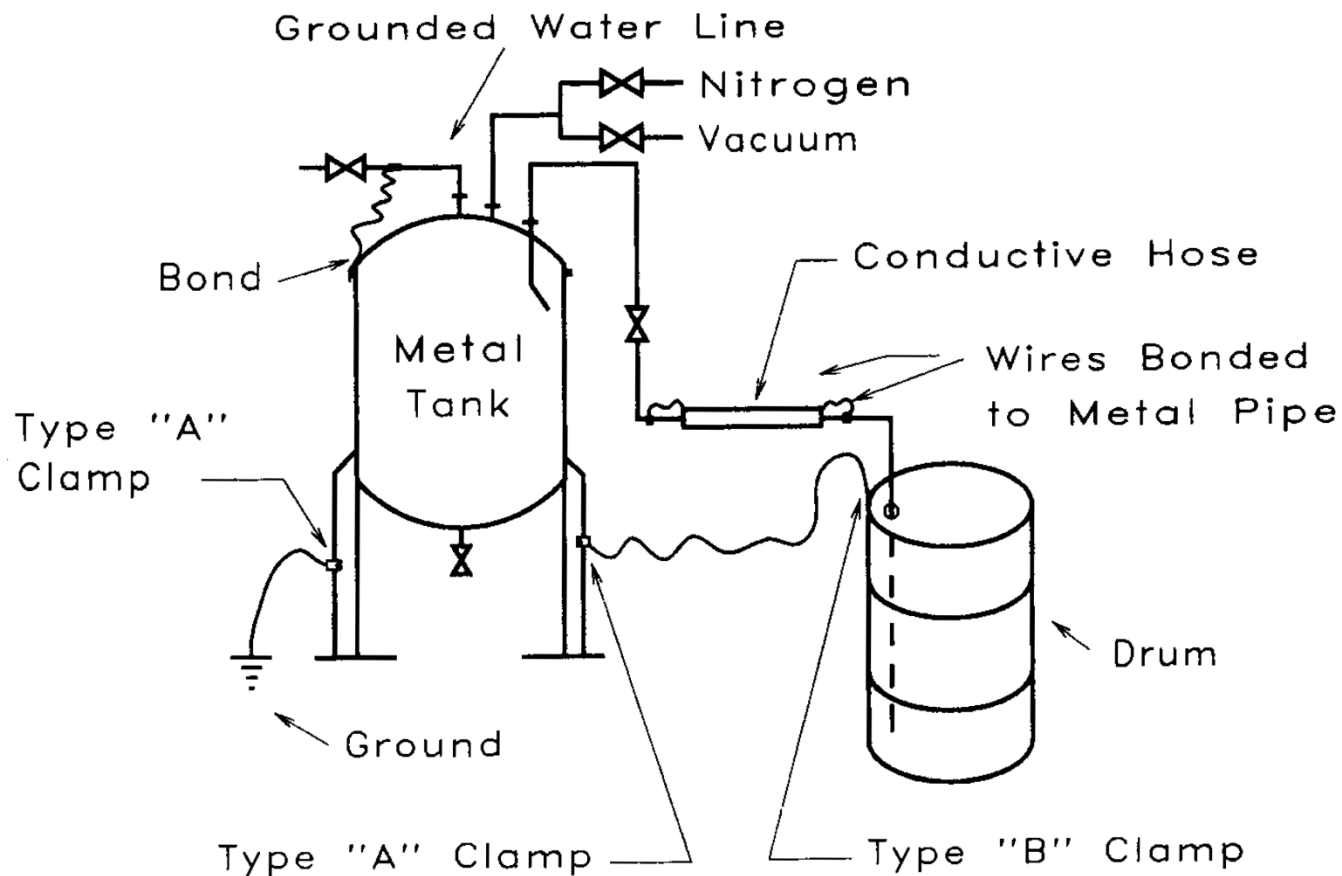
ϵ_0 - permitivita vakua, $8,85 \cdot 10^{-12}$ (C² N⁻¹ m⁻²)

γ_c - specifická vodivost kapaliny (konduktivita), S m⁻¹

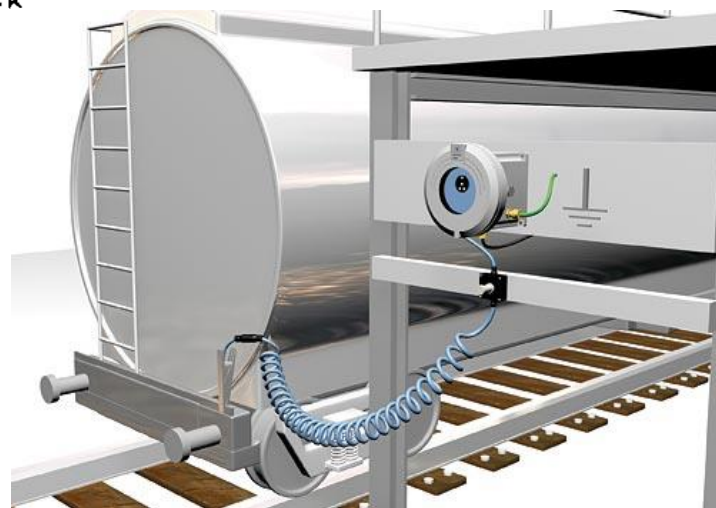
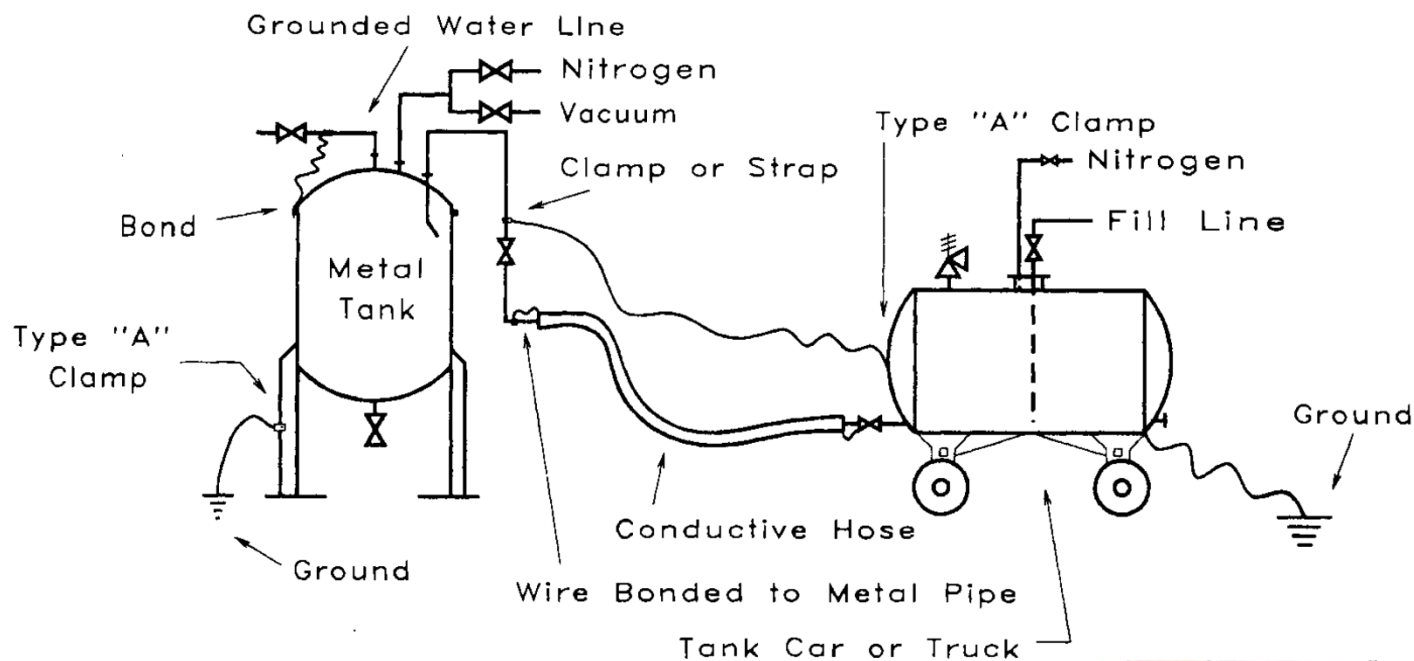
Statická elektřina - zemnění



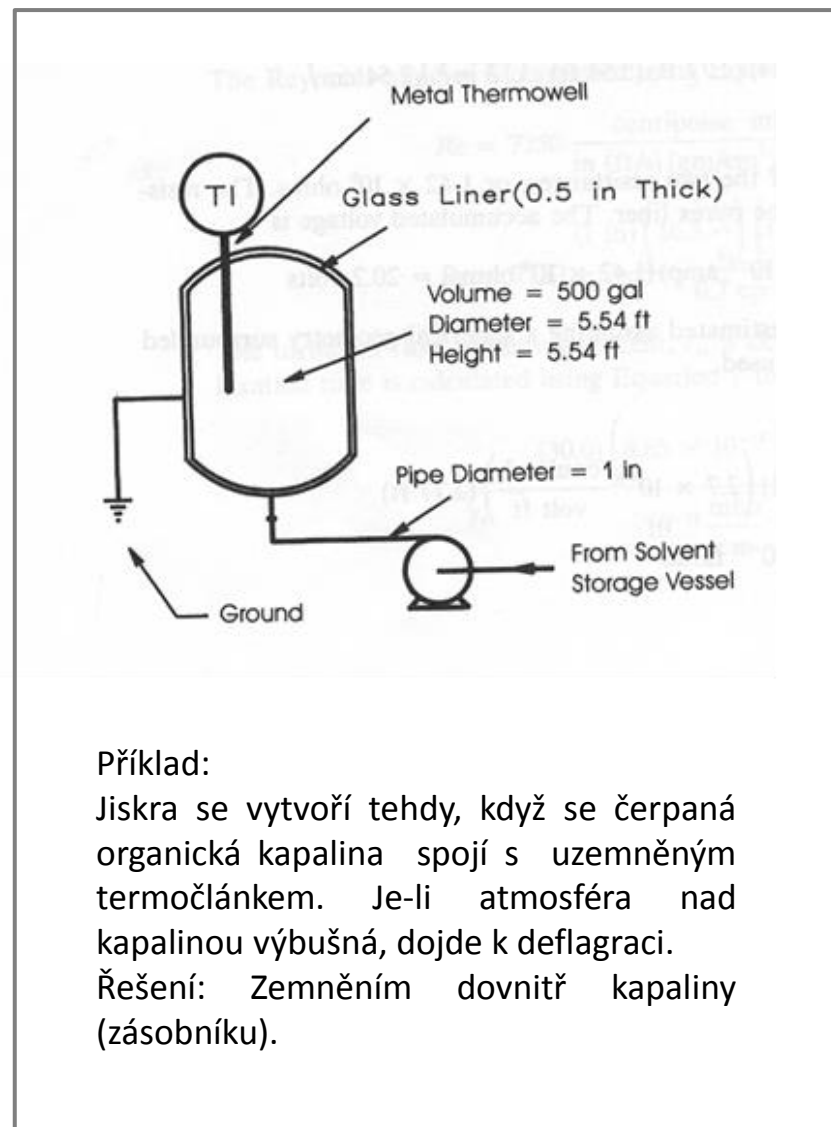
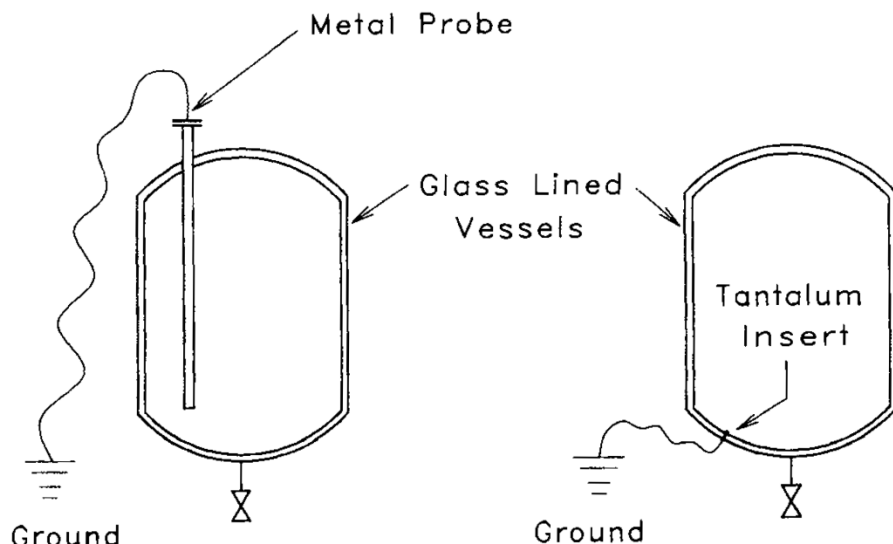
Statická elektřina - zemnění



Statická elektřina - zemnění

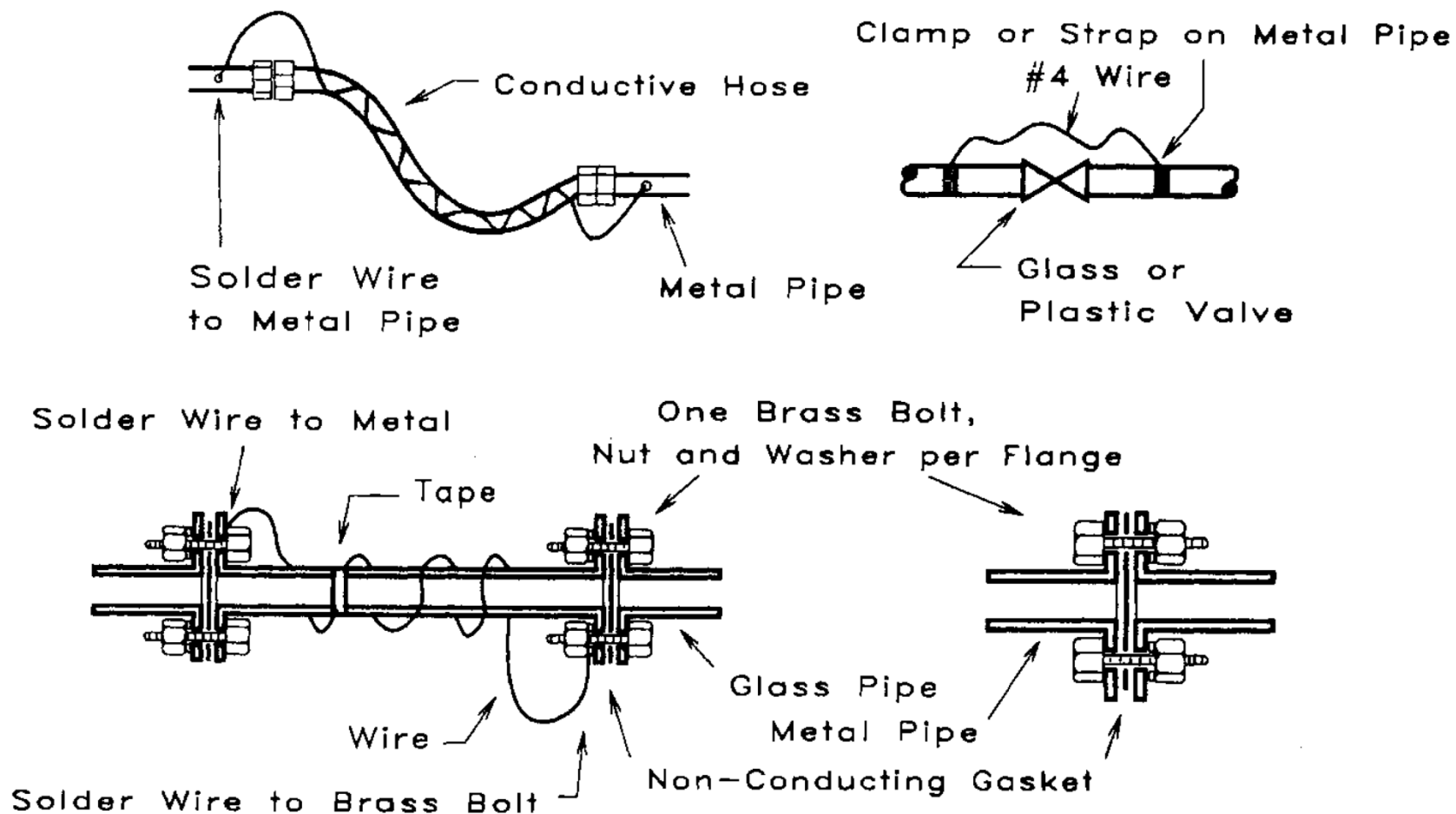


Statická elektřina - zemnění skleněných (nevodivých) nádob



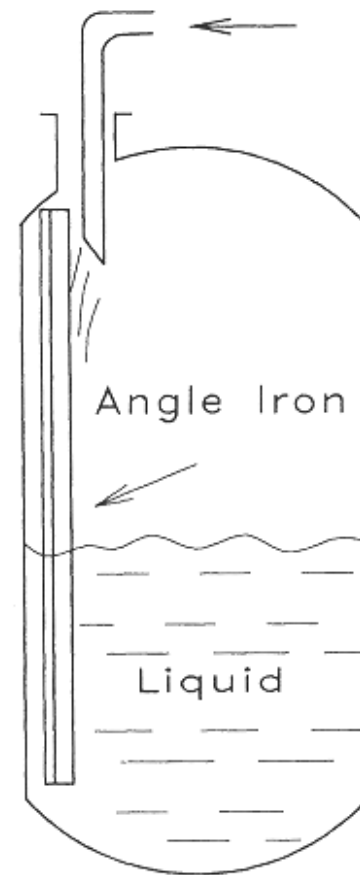
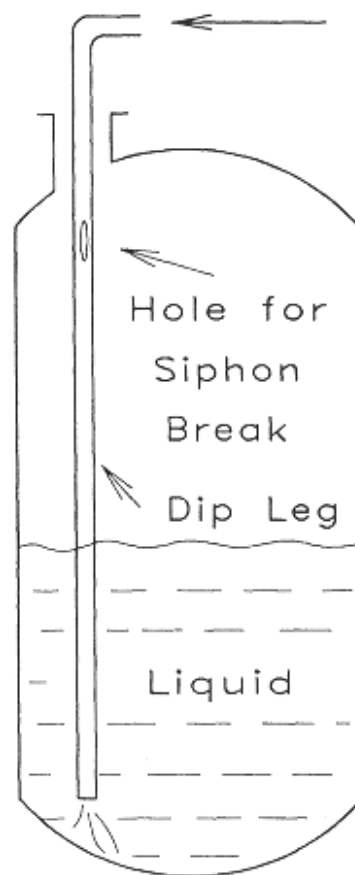
Statická elektřina - nulování

Napětí mezi dvěma vodivými materiály se nuluje jejich vodivým propojením



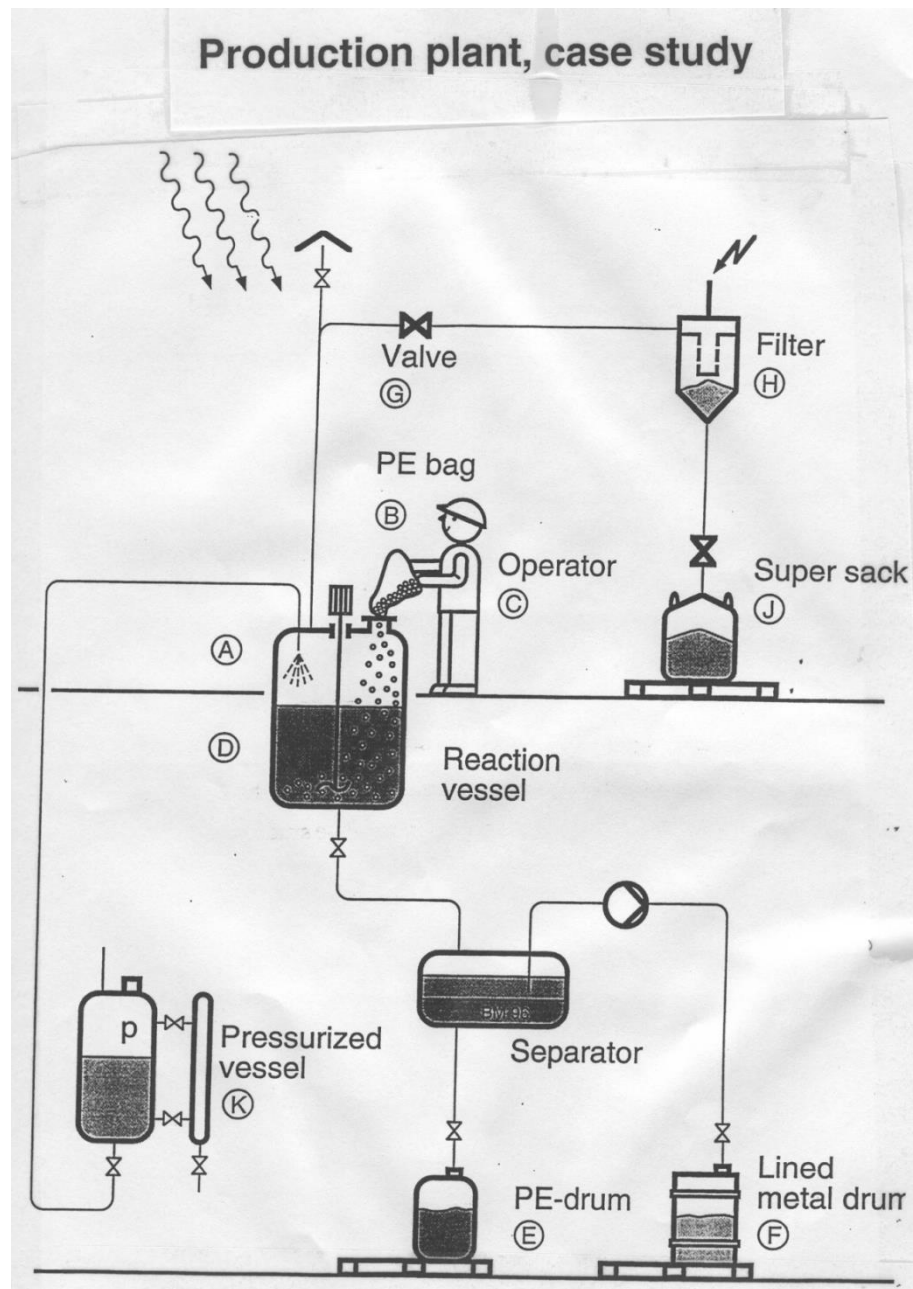
Statická elektřina - ponorné trubky

- Prodloužená trubice zabraňuje akumulaci náboje, ke které by došlo při volném pádu kapaliny
- Nebezpečí
 - Zpětné nasátí kapaliny



Skutečné nehody

- prezentované na SACHE (Safety and Chemical Engineering Education)



Výbuch prachu

- prosinec 2010, Západní Virginie, továrna na zpracování kovového odpadu obsahující titan a zirkonium
- 3 lidé usmrceni, 1 zraněna



1. Ke zpracování zirkoniového prachu se používalo míchadlo. Před výbuchem zaměstnanci registrovali mechanické problémy, kdy lopatky míchadla narážely do jeho bočnic a způsobily tak jeho poškození. I přes provedené úpravy a opravy problémy přetrvávaly.

Výbuch prachu



2. Předpokládá se, že jiskry nebo teplo vznikající při kontaktu kovu na kov mezi lopatkami a stěnami míchadla iniciovaly prach zirkonia.
3. Hořící zirkoniový prach měl za následek deflagraci – horké plyny expandovaly a dle dvou očitých svědků vytvořily „vítr“. Hořící zirkoniový prach inicioval titan a zirkonium v otevřených sudech uskladněných opodál, čímž došlo k rozšíření požáru.

Výbuch prachu

- prvotní výbuch nadzvedl další prach v továrně a zapříčinil sekundární výbuch a požár



<http://www.youtube.com/watch?v=ADK5doMk3-k#t=35>

Výbuch par

Situace

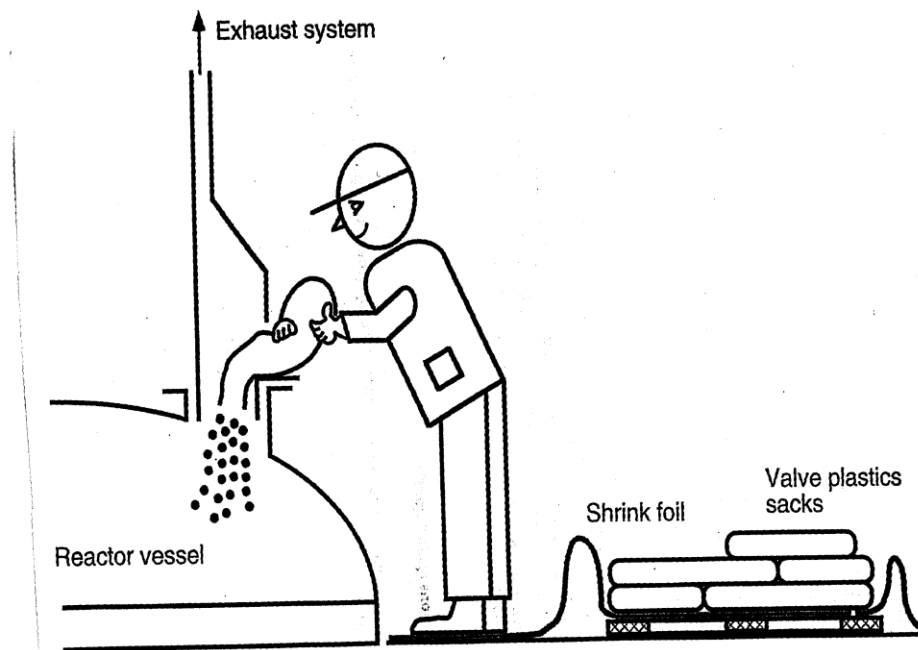
Nevodivý sypký materiál byl dávkován z 25 kg PE pytlů do nádoby, ve které je smícháván s hořlavou kapalinou. Během vytřepávání vysypaného pytle došlo k iniciaci.

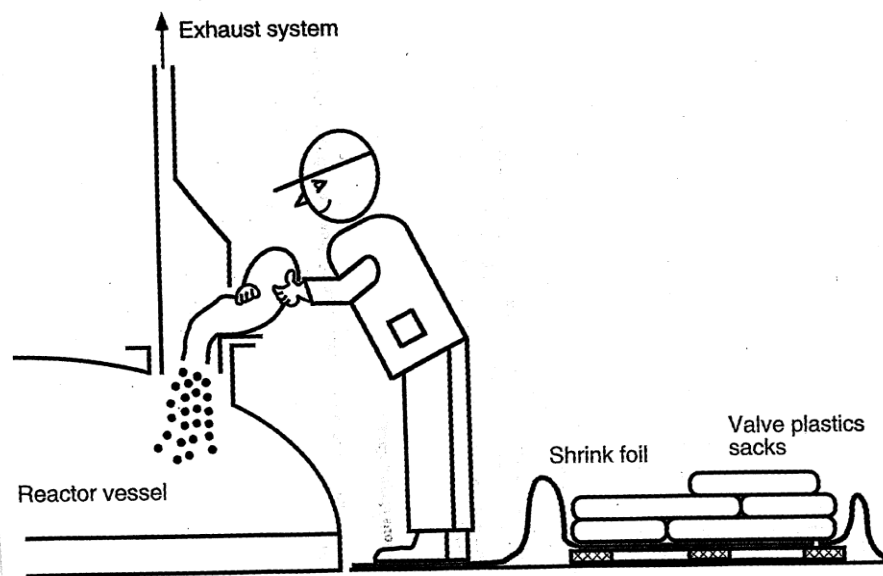
Příčina

Všechny manipulace se sypkými látkami mohou generovat statickou elektřinu. Důsledkem výboje mezi povrchy došlo k zapálení par hořlavé kapaliny.

Opatření

Buď uzavřené inertizované nádoby, nebo zamezení vzniku výboje.





Solid filling operation

Výbuch prachu

Situace

Pracovník dávkoval nevodivý sypký materiál z 25 kg PE pytlů do prázdné nádoby. Zásobník byl uzemněn, pracovník měl předepsaný oděv a obuv. Při nalití kapalného hořlavého rozpouštědla do nádoby došlo k výbuchu.

Příčina

Pracovník stál na plastovém obalu, kterým byly přikryté pytle na paletě. To umožnilo vznik satického náboje.

Opatření

Precizní zemnění.

Kulový ventil

Situace

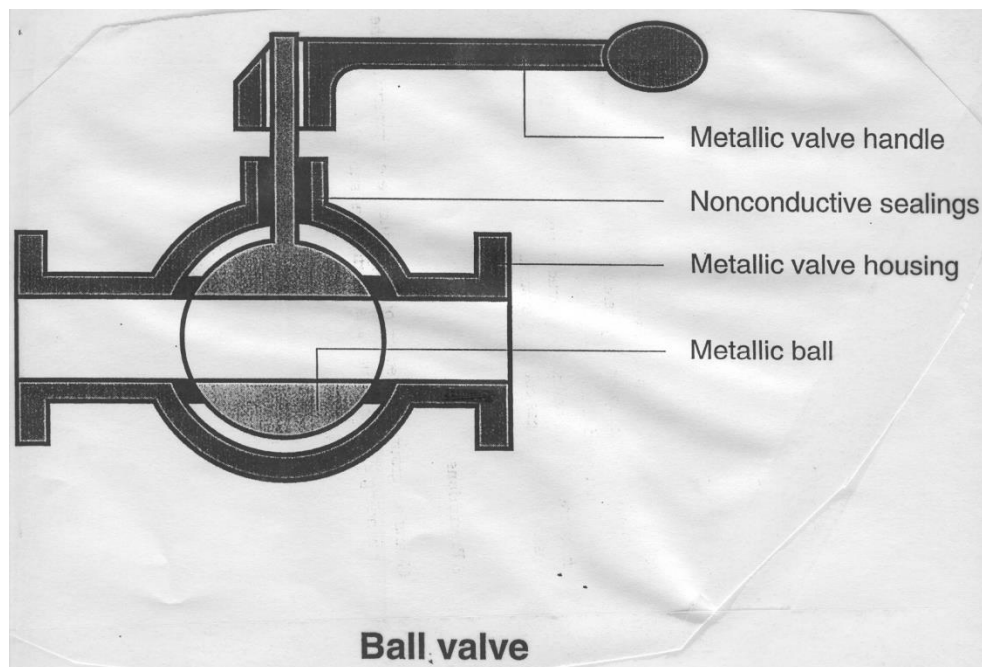
Kulový ventil byl nainstalován v potrubí pro odpadní plyn. Došlo k náhlé explozi, při které byl potrubní systém zničen.

Příčina

Ventil se sestává z vodivých a nevodivých částí. Doprava prachových suspenzí nebo kapének může způsobit akumulaci náboje na kulové části/hřídeli, pokud nejsou nulované s trubicou. Výbojová jiskra mezi nabitými částmi (kovová koule – trubka) .

Opatření

Uzemnění kovových částí.



Inertizace

- Ředění výbušné směsi inertem pod hladinu MOC
- MOC pro většinu plynů $\sim 10\%$ obj. O_2
- Průtočná inertizace
 - kontinuální přívod inertu a odvod směsi
- Vakuová inertizace
 - (periodická) evakuace nádoby + odtlakování přívodem inertu
- Tlaková inertizace
 - (periodické) natlakování inertem + odtlakování
- Kombinovaná
- „Sifonová“
 - naplnění kapalinou, vypuštění kapaliny s nasátím inertu

Provádí se obvykle v těchto zařízeních

- Zásobní nádrže, zásobníky
- Reaktory
- Odstředivky
- Sušárny
- Pneumatické dopravníky

Požární a výbuchová ochrana

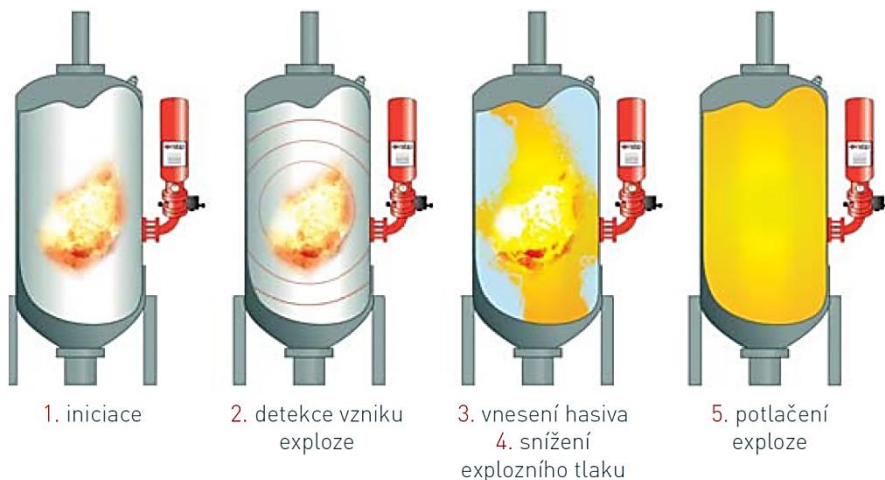
- Zařízení na potlačení výbuchu
- Zařízení na zabránění přenosu výbuchu
- Zařízení na uvolnění výbuchu
- Automatické hasicí systémy

Zařízení na potlačení výbuchu

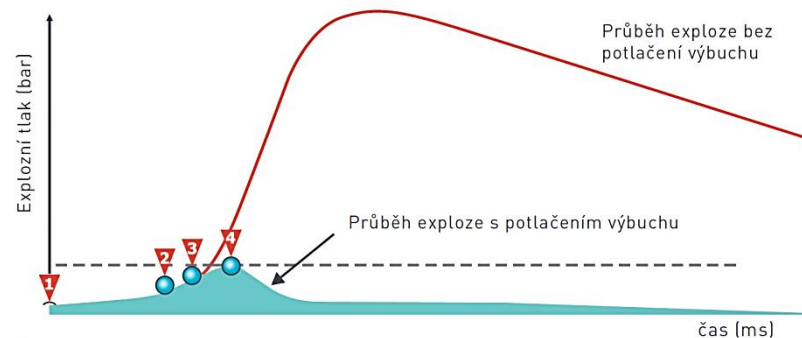
HRD (high rate discharge) je osvědčený systém na potlačení výbuchu. Dojde-li k výbuchu, začnou detektory v řádu milisekund signalizovat alarm, systém otevře HRD ventily a aktivuje HRD nádoby s hasicím materiálem. Tlak hasiva vysune speciální teleskopické trysky, které zajistí účinnou distribuci hasiva do celého chráněného objemu. Aktivace probíhá velice rychle. Výbuchový tlak je díky HRD systému pod kontrolou a jeho nežádoucí účinky jsou minimalizovány. Omezuje výbuchový tlak uvnitř zařízení pod hranici jeho tlakové odolnosti, díky čemuž nedojde k jeho destrukci.

PROCES POTLAČENÍ VÝBUCHU

ČAS:	0 ms	5 - 35 ms	40 ms	60 ms
TLAK:	0 bar	0,03 - 0,15 bar	0,1 - 0,25 bar	0,2 - 0,4 bar



PRŮBĚH NÁRŮSTU VÝBUCHOVÉHO TLAKU NA ČASE

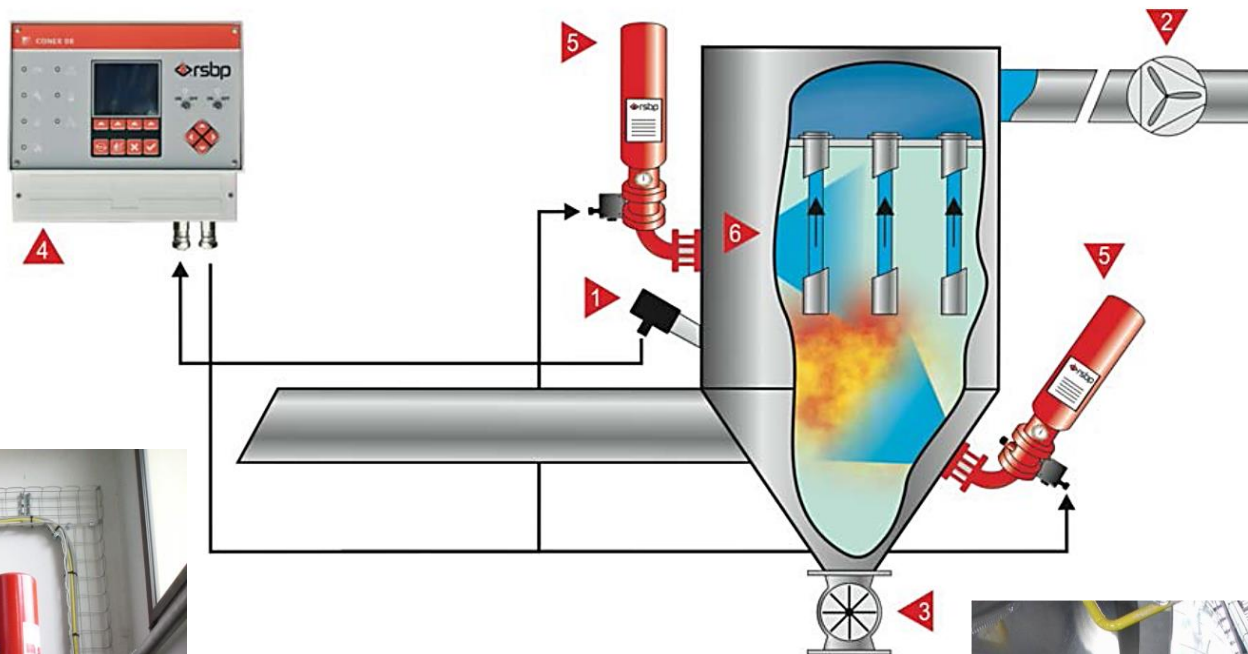


1. iniciace
2. detekce vzniku exploze
3. aktivace HRD akčního členu
4. potlačení exploze

Zařízení na potlačení výbuchu

Schéma instalace HRD systému

1. detektor exploze
2. ventilátor
3. rotační podavač
4. řídicí ústředna
5. HRD akční členy
6. filtr



Zařízení na potlačení výbuchu

WATER SHOT - NOVINKA PRO ROK 2014

Speciálně vyvinut pro technologie, u kterých není akceptováno potlačení hasicím práškem. WATER SHOT je speciální HRD nádoba vybavená rychlootevíracím ventilem a dalším příslušenstvím, která na místě obvyklého hasiva využívá zhasnění pomocí H_2O . WATER SHOT je určen k ochraně proti následkům výbuchů zejména v potravinářském průmyslu, kde není akceptováno potlačení hasicím práškem. Primárně je určen pro ochranu technologií, které jsou v běžném procesu čištěny vodou. Své uplatnění jistě najde i v řadě jiných průmyslových odvětví a v mnoha různých technologiích.

Proč WATER SHOT?

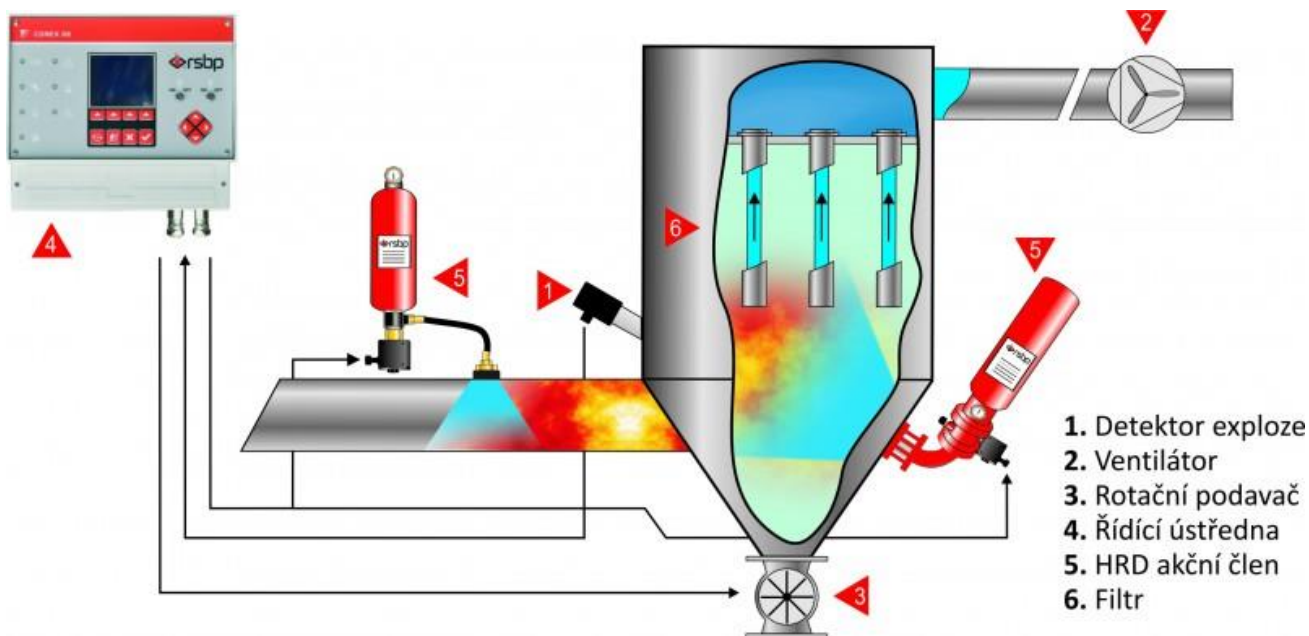
- materiál v dané technologii není při hašení kontaminovaný hasicím práškem
- po potlačení výbuchu se technologie pouze vysuší, není nutno odstraňovat běžné práškové hasivo
- voda obsažená ve WATER SHOT neznečišťuje životní prostředí, jedná se o vysoce ekologické hasivo



Zařízení na zabránění přenosu výbuchu

HRD bariéra

HRD bariéry se vyznačují extrémně rychlým vnesením hasiva do potrubí spojujícího chráněná technologická zařízení. Při výbuchu se nejprve potrubím šíří explozní tlak a za ním následuje plamenná fronta. Obě tyto veličiny je možno detekovat speciálními detektory – optickými i tlakovými, které jsou pro daný účel vyvinuty. Detektory předávají signál řídicí ústředně, která aktivuje HRD akční členy. Ty jsou vybaveny rychlootevíracími ventily, schopnými okamžitě hasicí látku uvolnit do chráněného prostoru a vytvořit tak velice účinnou bariéru hasícího média.



Zařízení na zabránění přenosu výbuchu

HRD bariéra - realizace



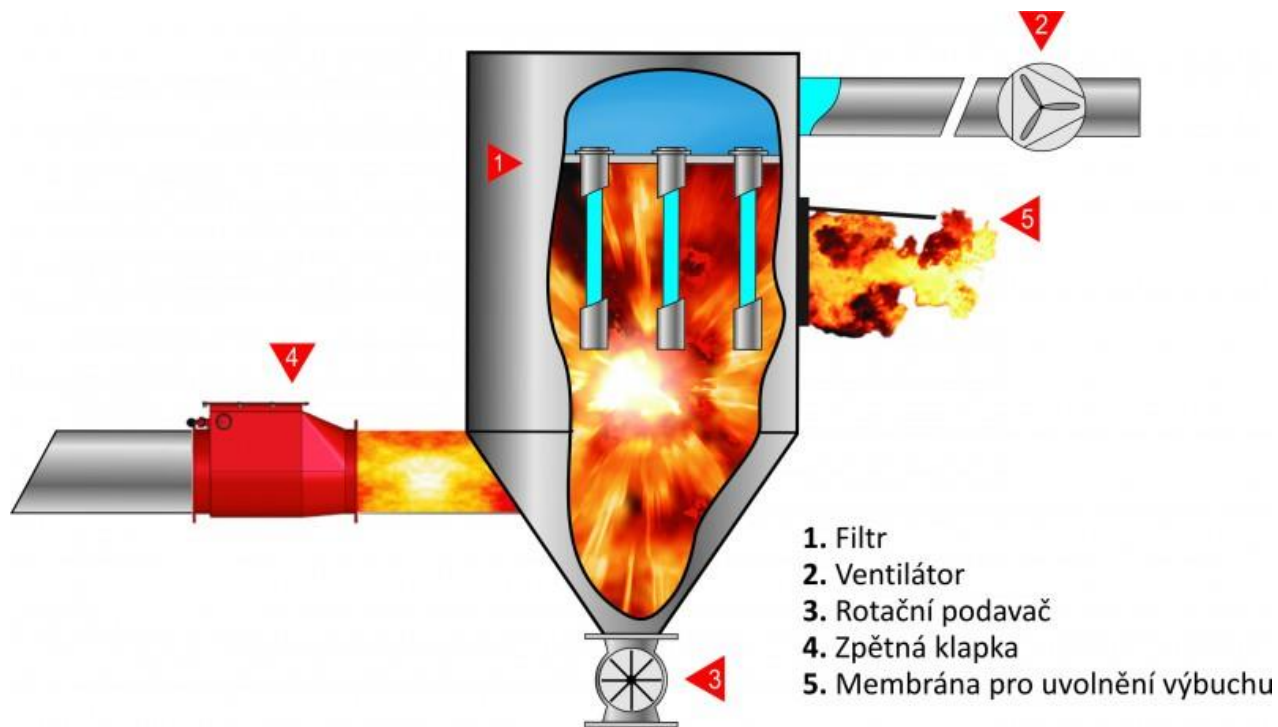
záběry ze zkoušek

<http://www.youtube.com/watch?v=Uhw9aHq9jKg>

Zařízení na zabránění přenosu výbuchu

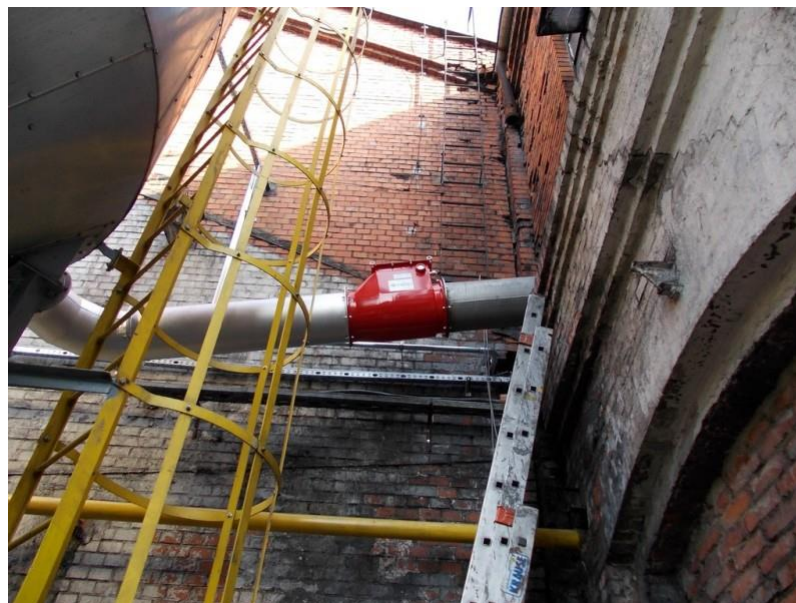
Zpětná klapka

V případě běžného provozu je zpětná klapka otevřena prouděním vzdušiny, v případě výbuchu v zařízení je tato klapka uzavřena tlakovou vlnou, a tím je zabráněno přenesení výbuchu do jiných částí zařízení nebo výrobní technologie.



Zařízení na zabránění přenosu výbuchu

Zpětná klapka - realizace



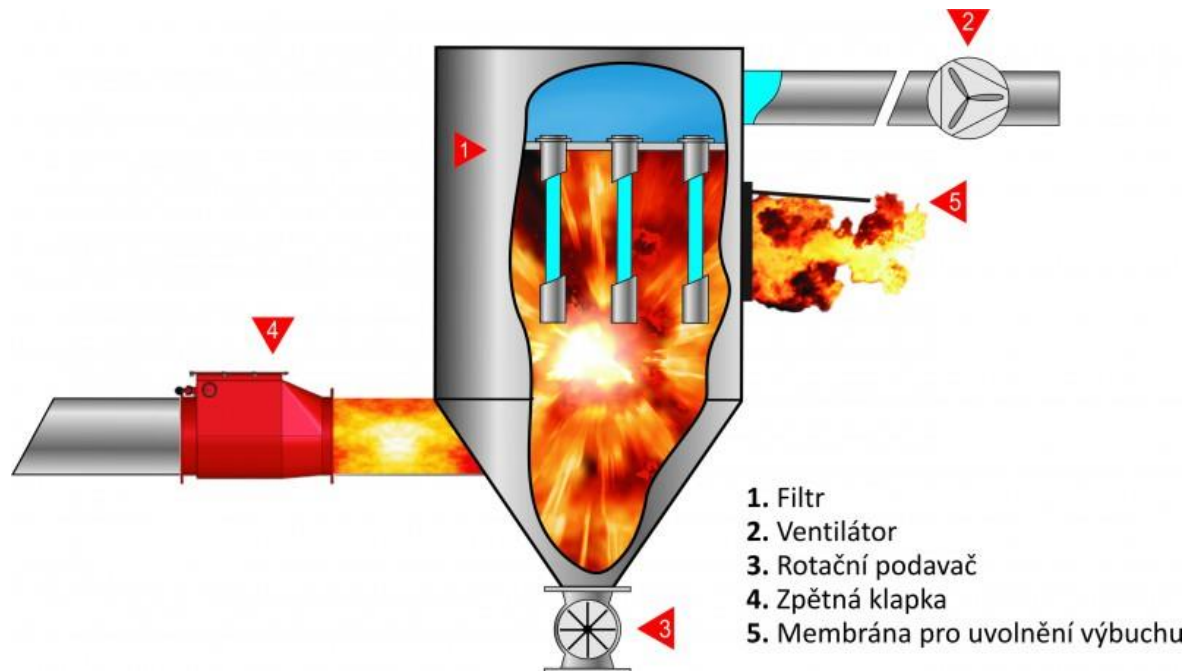
záběry ze zkoušek

<http://www.youtube.com/watch?v=ziat5j3HUyw>

Zařízení na odlehčení výbuchu

Membrány

Membrána pro odlehčení výbuchu je ochranné zařízení určeno k ochraně průmyslových zařízení, u kterých hrozí nebezpečí výbuchu a kde je možno vymezit ochrannou zónu, do které se zplodiny případného výbuchu bezpečně odvedou. Za běžných provozních podmínek je únikový otvor na zařízení překrytý membránou. Při překročení provozní úrovně tlaku uvnitř zařízení dojde na jeho plášti k otevření membrán a tím odlehčení tlaku z ohroženého prostoru. Technologické zařízení je tak vystaveno tlaku nižšímu, než je jeho tlaková odolnost, a proto nedojde k jeho destrukci.



Zařízení na odlehčení výbuchu

Membrány



VYPUKLÉ KRUHOVÉ

- vypuklá třívrstvá membrána s PTFE izolací
- pro zařízení s teplotou provozu do 240 °C
- vysoká podtlaková odolnost
- nerezová ocel nebo uhlíková ocel s povrchovou úpravou proti korozi
- vhodné i pro zařízení s tlakovými pulsy



VYPUKLÉ OBDÉLNÍKOVÉ

- jednovrstvá konstrukce pro zařízení s teplotou provozu do 100 °C
- třívrstvá konstrukce s vysokou podtlakovou odolností a s izolací PTFE pro provozní teploty do 240 °C
- nerezová ocel nebo uhlíková ocel s povrchovou úpravou proti korozi
- vhodné i pro zařízení s tlakovými pulsy

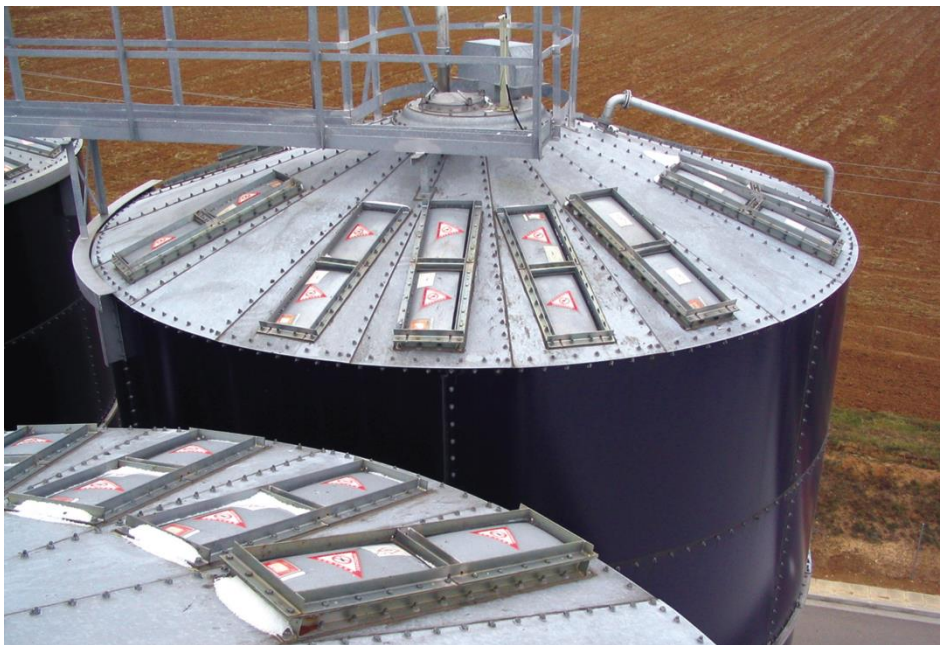


PLOCHÉ OBDÉLNÍKOVÉ

- vhodné pro aplikace s nízkým provozním tlakem (do 50 % pojistného otevíracího tlaku)
- pro zařízení s teplotou provozu do 100 °C
- možnost instalace bez rámu
- nerezová ocel

Zařízení na odlehčení výbuchu

Membrány - realizace



záběry ze zkoušek

<http://www.youtube.com/watch?v=4kV3b33ECX8>

Zařízení na odlehčení výbuchu

Bezplamenné odlehčení

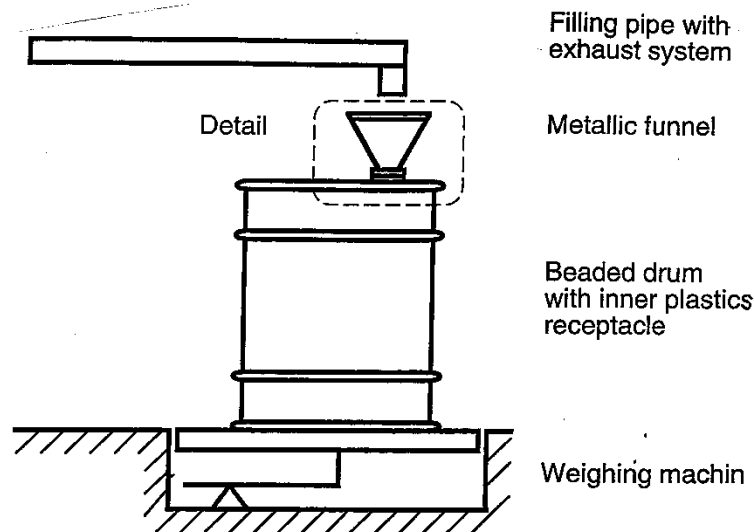
FLEX garantuje odlehčení výbuchu v uzavřených nebo vnitřních prostorách bez šíření plamene, tlaku a teploty do blízkého okolí, proto mohou být zařízení a technologie, které jsou umístěna v prostorách s nesnadným přístupem, chráněny bezplamenným odlehčením výbuchu bez zvýšených nákladů na stavební úpravy, které jsou obvykle spojeny s montáží klasického odlehčení. Při běžném odlehčení výbuchu může být dosaženo teplot až 1 500 °C. Flex díky speciální konstrukci sít ochladí teplot plamene a spalin na takovou úroveň, která již není nebezpečná pro technologie a pro osoby pohybující se v jejich okolí.



Lined metal drum filling

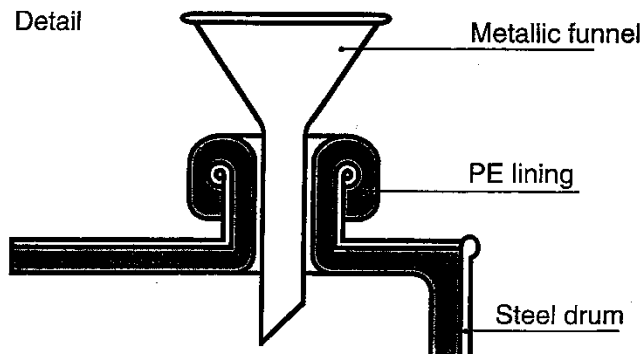
- Situation

- A pure liquid was filled in a steel drum with an inner plastic liner. To avoid splash filling a short funnel was inserted in the spout. The nozzle, the drum and the weighing machine were all grounded. Despite having an exhaust system there was an explosion during drum filling.



- Cause

- Electrostatic charge generation at the surface of the non-conductive coating cannot be transferred. The funnel had sufficient capacitance was insulated from the ground by the PE lined filler cap. Spark discharge from funnel caused explosion.



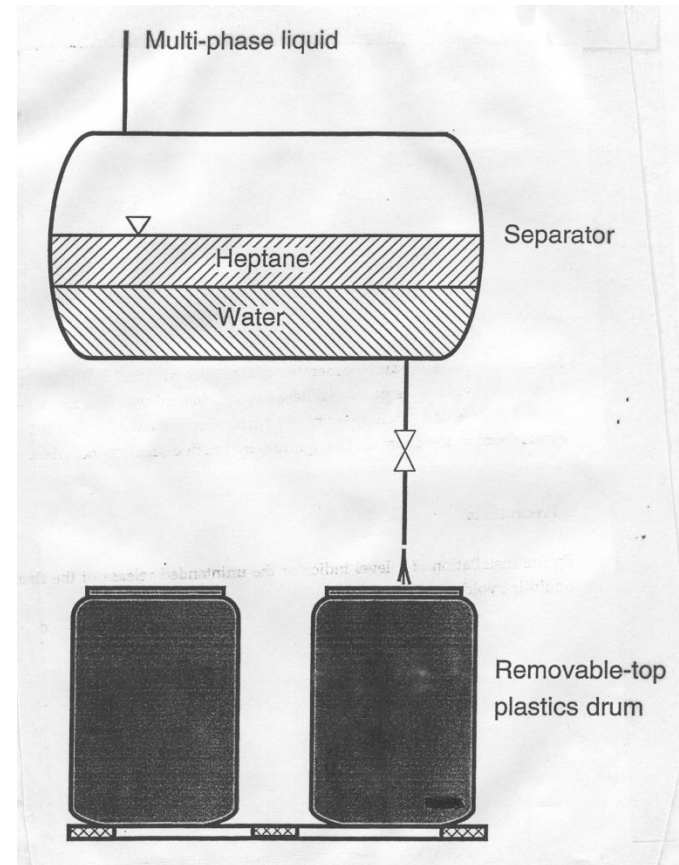
Liquid filling operation

- Precautions

- Guarantee ground connection of all conductive equipment.

PE-drum filling

- Situation
 - A mixture of water and hydrocarbon was separated; the water phase was released from time to time into a PE-drum located below the separator. During such a release a fire occurred on top of the PE-drum.
- Cause
 - Splash filling the PE-drum generated charge accumulation at the wall material. The unintended release of a small amount quantity of hydrocarbon generated a flammable atmosphere in the drum and an ignition by brush discharges occurred.
- Precaution
 - Install a level indicator so that an unintended release of hydrocarbons does not occur.



Liquid Agitation

- Situation

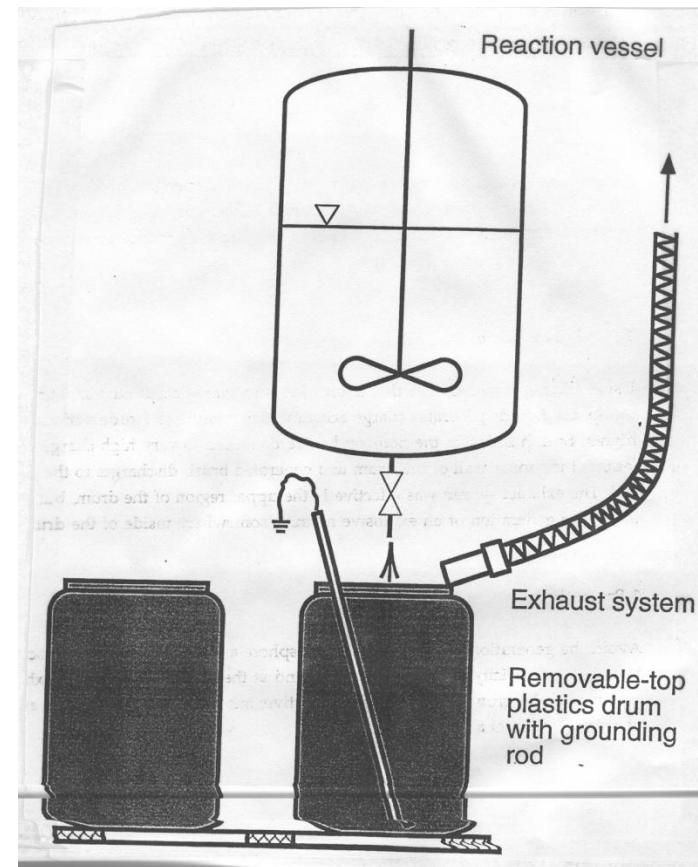
- After intense mixing, a non-conductive flammable dispersion was poured from the mixing vessel into a PE-drum just positioned below. The exhaust system was in operation, and to avoid charge accumulation a grounded rod was inserted. During drum filling a fire occurred.

- Cause

- Intense stirring of non-conductive liquids or multiphase liquids leads to charge accumulation. Splash filling in the non-conductive drum led to high charge accumulation on the inner walls of the drum and brush discharges from wall to grounded rod.

- Precaution

- Need to have another exhaust system and filling method since an explosive atmosphere and static electricity are formed at the same time in the same location.



Super sack filling operation

- Situation

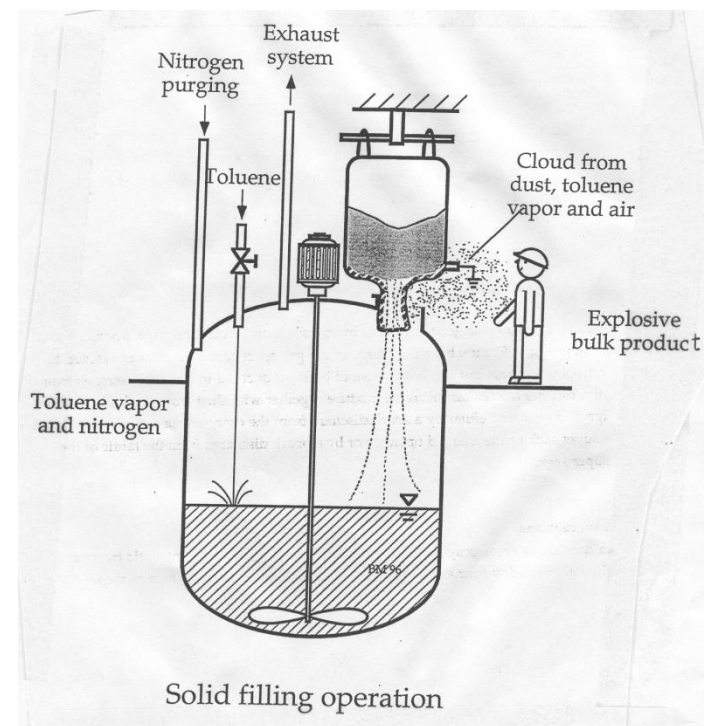
- A reactor vessel was purged with N_2 and feeding toluene was started. During the feeding operation a resin was prepared for pouring from an “antistatically treated” super sack via the filling port. The exhaust system was operating. Just at the beginning of pouring the bulk product into the vessel, an explosion occurred.

- Cause

- Charge build up was generated both by splash filling the liquid and pouring the bulk product. Flammable atmosphere in the gas space of the vessel was avoided by N_2 purging, but the fast release of the bulk product ejected toluene/dust/ N_2 mixture up into the air where ignition occurred from either a spark discharge from the charged-insufficiently treated-super sack or charged operator by brush discharge.

- Precaution

- Only packaging with sufficient antistatic treatment should be used.



Filter basket

- Situation

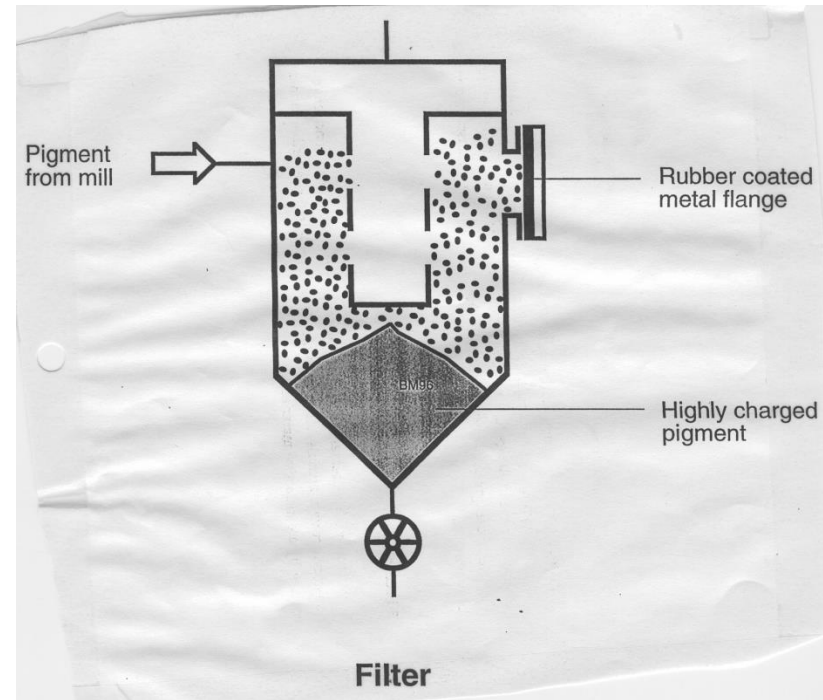
- A fine pigment was conveyed pneumatically from a jet mill to a filter. The product settled in the filterhousing was set on fire and transported through the rotary valve in a silo. All conductive parts were properly grounded.

- Cause

- The pneumatic conveying and the collection of charged fine particles usually generates high charge accumulation in filters. Extremely high charging at the rubber coating of a metal flange generated a propagating brush discharge. Settling particles were ignited and fell into the powder heap.

- Precaution

- In systems where high charging rates are possible, the combination of conducting and non-conducting materials must be avoided. Replace rubber gasket with a conducting one.



Maintenance of a level indicator

- Situation
 - A level indicator at a pressurized vessel was blocked. Usual maintenance procedure is the fast release of product in a pail until the connection between indicator and vessel is cleared. During such a procedure a fire occurred and two persons were injured.
- Cause
 - The release of a pressurized liquid generates highly charged droplets thus generating both an explosive atmosphere in the surrounding and brush discharges between the opened valve and the surface of the non-conducting pail used.
- Precautions
 - For effective cleaning a fast release is required. To avoid ignition the procedure needs to be changed to discharge the pressure in a waste gas collecting system.

