VELKOMMEN!
ATC
EXPLOSIV
DYNAMIT

Uddannelse i sikker håndtering

- Om statisk elektricitet i den kemiske industri
- Åbne kurser, hel- og halvdags
- ”In house” hos kunden
- Normalt max.15 deltagere pr. kursus

AGENDA

- Indledning – hvorfor er I her i dag?
- Hvordan opstår statisk elektricitet i den kemiske industri?
- Fysiklektion med ild og brag
- Kaffepause
- Gnistens energiindhold – hvorfor antændes den så sjældent?
- Pulver og støv– risici og egenskaber
- Frokost
- Ulykker – hvad kan vi lære af dem?
- Eksamen
- Gennemgang af eksamen
- Sammenfatning og afslutning

Mål:

Du skal forstå,
hvordan statisk elektricitet opstår,
kende risiciene for statisk elektricitet,
vide hvordan du forebygger ulykker, og hvordan du begrænser følgerne af en ulykke.

Hvad kan statisk opladning forårsage?

I den kemiske industri:

- ✓ Brand
- ✓ Eksplosion
- ✓ Spild ved pulverhåndtering
- ✓ Forurening
- ✓ Ukontrollerede bevægelser

Hvilke industrier er udsatte ?

- Farvefabrikker
- Raffinaderier
- Maleanlæg
- Plastbådsproducenter
- Limproducenter
- Kemikalieproducenter
- Gashåndtering
- Ekstrahering
- Papirindustrien
- Brændstofhåndtering
- Lægemiddelindustrien
- Levnedsmiddelindustrien
- Tanktransport af brandfarlige varer
- Trykkerier
- Olieboreplatforme
- Sprængstofproducenter
- Gummiindustrien
- Genvindingsanlæg
- Vask med opløsningsmiddel
- Savværker og træindustrien m.fl.!

Man kan drage nytte af statisk elektricitet !

Ladningsadskillelse

Ved gennemstrømning af væske i rørledning

Ladningsfaktorer

- Gennemstrømnings-hastighed
- Viskositet
- Rørdiameter
- Rørlængde - filter
- Forurening
- Opløsningsmiddel

Ledningsevne

Dårlig

- Benzin — ca 0,000 003 µS/m
- Diesel — ca 0,000 003 µS/m
- Xylen — < 0,000 000 1 µ/Sm

God

- Vand — 4 µS/m
- Acetone — 6 µS/m
- Ethanol — 1 µS/m

Fritløbende stråle

Man bør undgå fritløbende væskestråler, ~~da der kan opstå elektrostatisk ladning~~, men også øget risiko for at der dannes en eksplosiv gasblanding ….

Jerry Can -> plastdunk

- En lille mængde væske kan skabe en livsfarlig ladning!
- Ved omhældning med frit fald opbyggedes en ladning som kostede ham livet!

Brandfarliga væsker

Hvordan mindskes risiko ved opløsningsmidler?

- ✓ **Jord altid først**
- ✓ Begræns strømningshastigheden ved lav ledningsevne og "forureninger"
- ✓ ~~Aldrig frit fald over 10 cm~~

Risikofyldt optankning

- Føreren tog sin trøje af mens optankning foregik
- Føreren havde isolerende sko
- Føreren var derfor opladet da hun tog fat i pistolen
- Tag <u>aldrig</u> påklædningen af i brandfarlige omgivelser

Daglig situation

Hvilke dampe og gasser er letantændelige og hvorfor

- Flammepunkt og damptryk
- Brændbarhedsområde
- Tændenergi og tænd-ladning - MIE (mindste antændelsesenergi)
- Termisk tændpunkt
- Densitet (massefylde)

Flammepunkt & Kogepunkt

Defineres som den temperatur, hvor en væske afgiver så høj koncentration brændbar gas, at den kan antændes af en tændkilde, sædvanligvis en glødespiral over overfladen af væsken. Klassifikationen for væsker er:

GHS-klassificering	Tekniske forskrifter	Kriterier for klasscificering	Eksempel stoffer
Kategori 1	Klasse I	Flammepunkt < 23° og kogepunkt ≤ 35 °C	benzin, diethylether, isopentan
Kategori 2	Klasse I	Flammepunkt < 23° og kogepunkt > 35 °C	methanol, ethanol, IPA, MEK, MIBK, acetone, ethylacetate
Kategori 3	Klasse II	Flammepunkt ≥ 23° og kogepunkt ≥ 60 °C	terpentin, flybrændstof (Jet A1), styren, toluen, xylen, butanol
Kategori 4	Klasse III	Flammepunkt < 60° og kogepunkt ≥ 93 °C	dieselolie, ?? fler??
Ikke klassificert	Klasse IV	Flammepunkt > 93°	Smøreolie, bitumen, fenol

Beredskabsstyrelsens Vejledning om brandfarlige og brændbare væsker

Brændbarhedsområde

NB: Brændbarhedsområdet øges ved støvopblanding

Volume % i luft

Brændbarhedsområde

NE = nedre eksplosionsgrænse LEL, IB = ideale blandning, ØE= øvre eksplosionsgrænse UEL

Explosionsgrænser

Låga halter
(mager)

For mager blanding - exoterm reaktion kan ikke opvarme omgivende molekyler

Bränbarhetsområde

Moderat blanding giver kædereaktion

Höga halter
(fet)

For fed blanding – iltindholdet er for lille til at skabe oxidering som kan generere tilstrækkelig exoterm reaktion

Hvor meget energi kræves for at starte en forbrænding?

MIE (minimum ignition energy; mindste antændelsesenergi) for nogle stoffer.
Gas og luftblanding omkring den støkiometriske værdi

Hydrogen	0,01 mJ
Acetylen	0,02 mJ
Ethylen	0,08 mJ
Benzen	0,02 mJ
Metangas	0,3 mJ
Acetone	0,5 mJ

Spark fra en myg

Hvor høj temperatur kræves der for antænding?

Selvantændelsestemperaturen indikerer ved hvilken temperatur en forbrænding kan starte.

Her er det den omvendte verden, de opløsningsmidler som er flygtige kræver ofte højere tændtemperaturer end de som er mindre flygtige.

Gasser inddeles i 6 forskellige temperaturklasser:

Temperaturklasse	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Tændtemperatur	>450	>300	>200	>135	>100	>85

Brandfarlige væsker

Densitet (massefylde)

- Gasser og dampe som er lettere end luft;
  - ammoniak, metan, hydrogen
- Gaser og dampe med specifik vægt som luft;
  - kulilte, acetylen, metanol
- Gasser og dampe som er tungere end luft;
  - profan, ethanol, ether, acetone, benzin

Det grundlæggende for statisk el

Hvordan dannes ladninger, hvorfor og hvor mange

- Fysikken bagved elektrostatik
  - Hermann v Helmholz
- Kontakt – separation
- Materialepåvirkning
- Faste, flydende og gasser

Tiltrækning eller frastødning

- Objekter med forskellig ladning tiltrækker hinanden, objekter med samme ladning afviser hinanden. Rød tråd i hele elektrostatikken!

Triboelektrisk opladning

DONOR
f.eks metal

ACCEPTOR
f.eks. plast

To forskellige materialer føres i tæt kontakt med hinanden

Triboelektrisk opladning

Når de får kontakt, vandrer ladninger over fra den ene til den anden.
Afstanden skal være max 10 nm (c:a 1/10 000 del af et hårsbredde)

Spændingen bliver bare på nogle millivolt.

Triboelektrisk opladning

När man separerar bitarna måste man övervinna den elektrostatiska attraktionen.

Den mekaniska energin omvandlas till elektrisk energi.

Spänningen stiger då till tusentals volt (kilovolt).

Triboelektriske række

lades positivt

- Menneskohud
- Glimmer
- Hår
- Nylon (polyamid)
- Uld
- Kat (hund) pels
- Bly
- Silke
- Aluminium
- Papir
- Bomuld
- Jern
- Træ
- Rav
- Hård gummi (ebonit)
- Nikkel
- Guld og Platin
- Svovl
- Rayon
- Polyester
- Celluloid
- Orlon
- PUR (polyurethan)
- PE (polyethylen)
- PP (polypropylen)
- PVC (polyvinylklorid)
- Kisel
- PTFE (”teflon”)

lades negativt

Hvilken situation giver ingen ladning?

Hvor stor ladning dannes?

Det afhænger af flere faktorer faktorer:

* Materialets placering i den triboelektriske række
* Resistansen af materialet med laveste ledningsevne (ledningsevnen påvirkes af forureninger, fugt m.m.)
* Overfladens struktur (finish)
* Kontakttrykket
* Separationshastigheden har stor indflydelse (specielt for materialer med lav resistivitet). En stor del af ladningen vender tilbage ved adskillelsen!

Fugtmættet luft

Temperatur (^{o} C)	Vand (g/m^3)
-20	0,88
-15	1,38
-10	2,14
- 5	3,24
0	4,84
+10	9,39
+20	17,34
+25	23,09

Hvis temperaturen indendørs er 22 °C

Udendørs temperatur	Rh indendørs
- 20° C	5 %
- 15° C	7 %
- 10° C	11 %
- 5° C	17 %
- 0° C	25 %
+ 5° C	35 %
+ 10° C	48 %

Fugt påvirker resistansen

Fr G & S Lüttgens 2007, PTFE=Teflon, PE=Polyeten, PA=Nylon (polyamid)

Hvordan påvirkes jeg af induktion?!

Hvordan påvirkes jeg af induktion?!

Opladning som følge af induktion

Opladning som følge af induktion

Opladning som følge af induktion

Udladning efter induktion

Hvornår kan man mærke en statisk gnist?

1.500 volt

3.000 volt = 1 mm

5.000 volt

10.000 volt

Det elektrostatiske dilemma....

Ulykker kan altså ske på grund af udladninger, som du hverken kan se, høre eller føle!

Pause?

Hvad er så en kondensator?

Hvis man oplader en genstand er det begrænset hvor stor en ladning den kan tage imod.

Hvad er så en kondensator?

Men hvis du har et objekt i nærheden, kan det trække den modsatte ladning fra jorden. Derefter kan du få en meget større ladning på den venstre plade. Der er dannet en kondensator.

Gnistenergier ved udladninger

Maksimale teoretiske gnistenergier fra forskellige ledende genstande

Genstand **Typiske kapacitansværdier**	**Kapacitans (pF)**	**Gnistenergi (mJ) ved** **10 kV**	**20kV**	**30kV**
Bolte, skruer	1	0,05	0,2	0,45
Flanger, 100 mm ø	10	0,5	2	4,5
Påfyldningsøse	20	1	4	9
Lille beholder (spand, 50 L tønde)	10 - 100	0,5 - 5	2 - 20	4,5 - 45
Tragt	10 - 100	0,5 - 5	2 - 20	4,5 - 45
Tønde (200 L)	ca 200	10	20 - 60	90
Menneske	ca 200	10	40	90
Større genstande (reaktor, tank)	100 - 1.000	5 - 50	20 - 200	45 - 450
Tankkøretøj	1.000	50	200	450

M Glor, 1988: Electrostatic Hazards in Powder Handling

Mindste antændelsesenergi for:

Letantændeligt støv	**ca. 2 mJ**
”Almindeligt" opløsningsmiddel	**ca. 0,2 mJ**
Kulbrinte, acetylen, hydrogen	**ca. 0,02 mJ**
Gas og dampe fra opløsningsmidler i oxygenatmosfære	**ca. 0,002 mJ**

Kondensatorer

En alm. tønde med plastforing bliver en Leidnerflaske

En plastbeholder med metalforstærkning bliver en kondensator

To døde som følge af utæt spand

Eksplosion:

- Gnist fra operatørens hånd eller fra spanden

Foranstaltninger:

- Operatøren skal bære afledende sko
- Inertisering af tanken
- ~~Anvend indløbsrør, som når helt ned til bunden~~

Farlig forbedring

Risiko:

- Pneumatisk transporteret kornprodukt bliver kraftigt opladet
- Ladningen afledes ikke, eftersom et tykt epoxylag isolerer

Foranstaltning:

- Erstat standardepoxyen med en afledende epoxybelægning

Aluminium brænder godt!

Operatøren fyldte 25 kg epoxyharpiks og 22 kg hærdepulver i blanderen. Da han derefter tømte en papirspose med 2,8 kg aluminiumpulver, antændtes en gnist, som gjorde, at operatøren fik alvorlige forbrændinger i ansigtet og på kroppen.
(2004, Sverige)

Risiko for støveksplosion i metalbearbejdende industrier

Det svenske forskningsinstitut RISE har på vegne af Brandforsk gennemført en kortlægning af risiciene ved metalstøv

En rapport med titlen ’Dammexplosionsrisker i metallbearbetande industri’ er udgivet som RISE Rapport 2019:40.

Det har vist sig, at der er en mangel på viden i branchen om de store risici, der er forbundet med metalstøv

Metalstøv er høj risiko

Statestik fra U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board

Støvseparator er stor risiko

Internationell Statistik för 2017 från ”Combustible Dust Incident Report”

Brand i titanstøv på grund af elektrostatisk gnist

Ved kontrol og rengøring af en ventilationskanal blev de relevante rørsektioner afmonteret, og en let fugtig klud blev trukket gennem kanalen. Fjernet støv blev opsamlet i en metaltønde.

Da titanstøv faldt ned i tønden, antændte en elektrostatisk udladning sandsynligvis støvet, hvilket resulterede i, at det begyndte at brænde i den ene arm på den person, der var tættest på tønden.

Explosion i filter på lastvognsfabrik

En mand blev alvorligt såret af et filter koblet til et sandblæsningsanlæg under produktionen af kuglelejer til gearkasser til lastbiler.

Explosion i støvsuger

I sommeren 2017 fandt en støveksplosion sted i en støvsuger hos et firma, der blandt andet arbejder med metalbearbejdning. Dækslet på støv-sugeren fløj af, hvilket fik støv til at hvirvle op og antændes uden for støv-sugeren.

Operatøren led brændende metalstøv over ryggen og fik alvorlige forbrændinger. Støvsugeren var ikke ATEX godkendt, og årsagen til antændelsen var sandsynligvis en elektrostatisk udladning fra støvet, der opladet i den isolerende støvsugerslange.

Den ansvarlige chef havde ”ingen anelse om at metalstøv kan eksplodere”

Foto A Thulin

Nogle konklusioner fra Brandforsk

- Metalstøv fra støberiaffald er generelt ekstremt oxideret og behøver normalt ikke at betragtes som eksplosivt

- Sandblæsning, tromleafgratning og slibning kan generere eksplosivt støv med en relativt høj trykstigningshastighed

Nogle konklusioner fra Brandforsk

- Kemisk sammensætning er en vigtig faktor: Aluminium-baserede prøver så ud til at give højere trykstigningshastigheder, selv med et højere oxidindhold sammenlignet med jernbaserede støvtyper

- Kemisk sammensætning og partikelstørrelse er vigtige faktorer for bestemmelse af eksplosive egenskaber. Forøget oxidindhold reducerer reaktiviteten i høj grad. Dette er hovedårsagen til den lave eller meget lave reaktivitet af støv produceret ved laserskæring og svejsning i et ikke-inert miljø

Verdens første støveksplosion

Bageren i Torino

14. dec. 1785 i
Sign. Giacomelis Bageri
Turin

Trappe
til butikken

Hvad er forskellen på pulverop-ladning og opladning af væsker?

De fleste tørre pulvere kan lades op
Pulver lades lettere op
Pulver er ofte vanskeligere at aflade
Pulver er vanskeligere at antænde end opløsningsmidler – hybrideksplosioner!

Hvad er en støv-eksplosion?

Pulverpartikler som hvirvles op, antændes og forbrændes hurtigt. Ved mange støveksplosioner sker først en mindre primæreksplosion. Den hvirvler en større støvsky op, som derefter antændes i en sekundær, meget kraftig eksplosion.

Hvilken slags støv eksploderer?

Praktisk talt alle fintfordelte, brændbare stoffer kan antændes og forårsage alvorlige eksplosioner

Organisk:

- kul
- sukker
- mel
- stivelse
- kakao
- korn
- træ
- kork
- bomuld
- plast
- harpikser mm

Uorganiskt:

- aluminium
- magnesium
- svovl
- jern
- titan
- torium
- uran
- zink
- zirkonium m fl

Hvordan antændes støv?

Åben flamme
Varme overflader
Elektrisk gnist

Slag og friktionsgnister
Selvantændelse

Ved hvilke arbejdsprocesser oplades pulver mest?

Formaling
Sigtning
Pneumatisk transport
Tømning og fyldning
~~Frit fald – kaskadedannelse~~

Hvad påvirker antændelsesrisikoen?

Bl.a.

- laveste antændelseskoncentration
- laveste antændelsesenergi
- laveste antændelsestemperatur
- kornform og størrelsesfordeling
- ophvirvling – turbulens i støvskyen
- fugtighed
- tændkildens udformning, hybridskyer mm

NB: udvikling af brændbare gasser fra pulver

Det er vanskeligt og dyrt at teste eksplosionsegenskaber.

Hvad kan man gøre for at reducere risikoen?

- Undgå at støv spredes
- Fjern støv fra lokalerne, indretning og udstyr
- Brug udstyr som er tæt og enkelt at rense
- Sørg for udsugning, hvor der spredes støv
- Jording af alt udstyr – undgå ikke-ledende udstyr
- Bevar en høj luftfugtighed hvis muligt

Hvad kan man gøre for at reducere risikoen?

- Inertiser
- Eliminer tændkilder – varme overflader, åben ild, elektricitet mm
- Undgå at der kommer fremmede ting ind i maskineriet
- ~~Reducer frit fald~~
- Installer trykaflastning ved høj risiko
- Flugtveje holdes frie

Hvordan fjerner man ladning fra pulver?

- Tilfør fugtighed
- Tilsæt ”antistatiske midler”
- Fyld i ledende og jordede beholdere – lad stå!
- Anvend metaltråd m ”spidser” (juletræ gnistre)
- Tilfør ioner
- Omdan til ledende væskeblanding

Korrekt påklædning & udstyr

Arbejdshandsker

Hvis handsker anvendes
skal de være afledende

Anvend afledende sko

- den nemmeste måde at aflade dig!

Eksempel på afledende sko
Recistance
< 100 MOhm

”Vægt” til at kontrollere afledende sko

Pause? Kaffe??

Praktisk jording

Jord altid først!

- Jordningstænger kan se forskellige ud!

Køb ikke en jordingstang på tankstationen!

En jordingstang skal have en kraftig fjeder og være spids for at kunne trænge helt igennem maling, snavs, rust mv.

Husk:

BRANDFARLIGT MATERIALE + GNIST = FARE

JORD

ALTID FØRST !

© ATC AB 2002

Nej til plastbeholdere – kan ikke jordes!

God jordkontakt trods belægning

Jording

Alternativt anvendes vandrør af kobber

Til afledning af statisk elektricitet – skal kunne aflede mikroampere – til forskel fra lynnedslag

Jordingssystemer

Anvend uisoleret stålwire (galvaniseret eller rustfri)

Jordforbindelse af beholder som tømmes og dunk som fyldes

Fast installation

Permanent jordforbindelse af fast installeret maskine

Jord altid først

Jordforbindelse af fadstativ og fade

Jordning "midt i lokalet"

Undgå kobber – bliver sprødt!

Mennesker og ild er afhængig af ilt!

Iltindhold 100%

Iltindhold 21%

Iltindhold 10%

Inertisering betyder at man sænker iltindholdet for at mindske eller eliminere risikoen for antændelse.

Sædvanligvis at man indfører f.eks. ren kvælstof i reaktorer, tanke, møllerier m.m.

Inertisering

Hvor lavt iltindholdet skal være for helt at eliminere tændrisikoen kommer an på hvilket stof som findes i beholderen; normalt rækker det att holde iltindholdet under 5% (normalt er der 21% ilt i luften).

En menneske dør hvis iltindholdet sænkes til 5% i indåndingsluften! (allerede ved 16% bliver man bevistløs)

I mål?

Du skal forstå,
hvordan statisk elektricitet opstår,
kende risiciene for statisk elektricitet,
vide hvordan du forebygger ulykker, og hvordan du begrænser følgerne af en ulykke.

Hvis du vil vide mere om statisk elektricitet i kombination med brandfarlige materialer, bør du deltage i heldagskurset i statisk elektricitet

Sammenfatning

UNDGÅ STATISK OPLADNING!

- Jord først !
- Undgå frit fald (?)
- Udstyr af ledende materiale
- Begræns pumpehastighed

Slut for i dag

- Det du har lært i dag gør, at du forstår hvordan statisk elektricitet opstår. Men du bør også have lært, at man kan undgå at skabe ladning og at den ladning, som trods alt opstår, kan ledes til jord!

KLASSIFICERET OMRÅDE
Kun godkendt udstyr må medtages

© ATC 08 717 58 00