

Nitrocellulosa, lagerhållning och hantering inom tryckfärgsindustrin

Jarl Olof Sköld

**Department of Fire Safety and Systems Safety
Engineering
Lund University, Sweden**

**Brandteknik och Riskhantering
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5257, Lund 2008

**Nitrocellulosa, lagerhållning och hantering inom
tryckfärgsindustrin**

Jarl Olof Sköld

Lund 2008

Nitrocellulosa, lagerhållning och hantering inom tryckfärgsindustrin

Jarl Olof Sköld

Report 5257

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--5257--SE

Number of pages: 76

Illustrations: Jarl Olof Sköld

Keywords

Nitrous cellulose, nitrocellulose, autoignition, flashpoint

Sökord

Nitrocellulosa, självantändning, flampunkt

Abstract

The purpose of this report is to provide a basis for routines pertaining to the storage and handling of nitrocellulose at Torda Ink AB.

Experiments on flashpoints, auto ignition and extinguishing were performed. Current routines and the way nitrocellulose is actually handled has been observed and checked against regulations.

Recommendations for new routines has been given based on the findings in this report.

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet och Jarl Olof Sköld Lund 2008.

Brandteknik och Riskhantering
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety and Systems Safety
Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

Förord

Projektarbetet har utförts i samarbete med Torda Ink AB och avdelningen för brandteknik och riskhantering på Lund Tekniska Högskola. Arbetet omfattar 10 poäng.

Jag skulle vilja tacka alla som hjälpt mig under arbetet med projektet.

Först och främst vill jag tacka mina handledare: Berit Andersson på brandteknik för uppslag och idéer till projektet, Agata Andersson på Torda Ink AB som jag haft nära samarbete med och vars synpunkter har hållit mig på rätt kurs och Paul Pain på Torda Ink AB för möjligheten att göra det här arbetet på Torda.

Tack till Sven-Ingemar Granemark på brandteknik för hjälp med utrustning i brandlabbet.

Daniel Nilsson ska ha ett stort tack för all hjälp med hantering av videomaterialet från flampunktsförsöken.

Tack också till Thomas Nilsson på Revinge som ställde upp och hjälpte till med släcktest av nitrocellulosa.

Marcus Nilsson som rätade ut några frågetecken om test av flampunkt.

Jag vill också tacka Björn Nilsson och Jonas Ekström, just nu i RUB 08 som delade med sig av sin expertis på gniständarapparaturen.

Tack till personalen på Brandteknik för den hjälp jag har fått under mitt arbete.

Tack till alla på Torda Ink AB som har gjort det möjligt att genomföra projektet.

Tack även till familj och vänner som på olika sätt har stöttat mig.

Lund 2008
Jarl Olof Sköld

Sammanfattning

Inom tryckfärgsindustrin används lågnitrerad nitrocellulosa som bindemedel i många färger och lacker. Hanteringen av detta ytterst brandfarliga ämne gör att man måste beakta risker som självantändning och explosion. Det har tidigare skett olyckor där nitrocellulosa varit inblandat och det är bra att kunna dra erfarenhet av dessa för att kunna förebygga olyckor i framtiden. Torda Ink har påbörjat uppförandet av ett nytt nitrocellulosalager efter en riskanalys som gjordes på området 2002.

Syftet med rapporten är att bedöma riskbilden vid hantering av nitrocellulosa och att förslag till rutiner och eventuella åtgärder skall arbetas fram.

Huvudarbetet utgörs av en teoretisk del samt en försöksdel där teoridelen avser hanteringen av nitrocellulosan. Litteraturstudier samt observationer och intervjuer har legat till grund för riskbedömning och framtagning av rutiner. Observationer och arbete i produktionen har gjorts för att bli bekant med de olika arbetsmomenten i fabriken. I försöksdelen utfördes experiment för att titta närmare på flampunkter och självantändning som stöd för bedömning av risker och åtgärder. En riskbedömning av hela processen från lagerhållning till hantering i fabrik har gjorts. Kontroll har gjorts enligt gällande lagar och förordningar för att fastställa huruvida de är uppfyllda. Förutom kontroll av nitrocellulosaförrådet har även rutiner tagits fram för att säkerställa att lagerhållning samt in och utlastning uppfyller alla krav.

Den nitrocellulosa som används på Torda Ink är så kallad lågnitrerad nitrocellulosa och klassas som mycket brandfarlig. Torr nitrocellulosa i pulverform är mycket lättantändlig och kan dessutom självantända. Nitrocellulosan fuktas därför med etanol och det är av stor vikt att etanolen inte avdunstar eller sjunker i behållaren.

I försöksdelen testades självantändningstendensen i spilltrasor med nitrocellulosabaserad färg som jämfördes med försök med spilltrasor med tryckfärgsbaserad kinesisk träolja och linolja. Dessa oljor har relativt hög självantändningstendens. Resultatet visade att spill med nitrocellulosa inte har lika hög självantändningstendens. Test gjordes även för att se huruvida mjukgörare kunde höja flampunkten i nitrocellulosabaserad lack. Detta bekräftades av försöken. Under flampunktsförsöken framkom det att nyligen torkad lack var betydligt mer lättantändlig än ångorna från en pöl med spilld lack.

Riskanalysen gjordes med utgångspunkt från tidigare olyckor. Observationer av hanteringen av nitrocellulosa i produktionen och lagerhållningen gav en helhetsbild av riskerna. Det kunde konstateras att det fanns anledning att analysera och bedöma åtgärder för att minska riskerna.

Sammanfattningsvis kan sägas att personalen har hög kompetens och det finns goda rutiner. Det är av vikt att emballagen med nitrocellulosa i lagret inte står för länge och torkar ut varför förslag på lagerrutiner har tagits fram. Dessa går ut på att få ett system där de emballage som har stått längst används först och att det finns ett system så att det lätt går att hålla reda på vilka de är. Emballage med nitrocellulosa får inte stå i

produktionen. Därför bör rutiner upprättas så att all nitrocellulosa går åt vid satsning. Detta kan åstadkommas genom att storleken på emballagen anpassas efter hur mycket som går åt vid satsning. Spill måste tas om hand säkert och effektivt. Utrustning måste skötas så att risken för antändning, antingen genom uppvärmning eller genom statisk elektricitet, minskar.

Summary

Low-nitrogen nitrous cellulose is used as a binding agent in many inks and lacquers. When handling this highly flammable compound, it is necessary to consider risks such as auto-ignition and explosion. Accidents have occurred where nitrous cellulose has been involved; and it is beneficial to gain experience from these, in order to avoid accidents in the future. Following a risk analysis in 2002, Torda Ink has started building a new storage facility for nitrous cellulose.

The purpose of this report is to explore the risks that are associated with the handling of nitrous cellulose; and to give suggestions on possible routine and preventive measures.

The main part of the report consists of one theoretical section, and one experimental section; and both sections deal with handling nitrous cellulose. The risk analysis and the routines were devised based on studies of authoritative literature, interviews, and experimental observations. By directly observing, and participating in the procedures and routines of handling nitrous cellulose in the production of lacquers and inks; understanding was significantly enhanced. Tests were performed to establish the flash-point of certain lacquers, and the auto-ignition tendencies of a generic paint; and their results were used as support for the risk analysis and the suggested preventive measures. A risk assessment was made of the entire process, from storage to handling inside the factory. Controls have been made to ensure that laws and regulations are adhered to. Routines for handling stored nitrous cellulose were produced, as well as suggested controls for the storage facility.

Torda Ink uses low-nitrogen nitrous cellulose, and it is very flammable. Dry nitrous cellulose is a powder that ignites very easily, and it can also self-ignite. Consequently, the powder is dampened with ethanol; and care must be taken to assure that the ethanol does not evaporate, or sink in the container.

Rags drenched in ink were tested experimentally for auto-ignition tendencies. The test was compared to a similar test on rags soaked in ink containing Chinese tree oil and linseed oil. The results showed that nitrous cellulose-based paint did not tend to auto-ignite as much as the above-mentioned oil-based ink. Tests were also conducted to establish whether a plasticizer would raise the flash-point in nitrous cellulose-based lacquer. The tests confirmed that a plasticizer would indeed raise the flash-point as hypothesized; but the tests also revealed that even with the plasticizer, freshly-dried lacquer was much more flammable than were lacquer fumes.

As a starting point, the risk assessment was made in light of accidents that have already occurred. Then, observations were made how nitrous cellulose was handled in the storage facility and in production. Together, this provided an over-all picture of the risks.

To conclude, the personnel at Torda Ink are highly competent; and there are good routines in-place. Nonetheless, the risk analysis revealed further possible safety

improvements. It is important that stored containers are not allowed to stand unused for too long; which causes the materials to dry-out, and possibly ignite. For this purpose, “first-in, first-out” routines have been suggested to ensure that the oldest containers are used first; and that there is a system to track the age of containers. Additionally, containers should not be permitted to be kept inside the production facility. To avoid this, routines should be implemented to ensure that each container is entirely used at one time. This can be accomplished by matching container size, to the amount necessary for the production batch. In any event, spillage must be safely and effectively collected; and the risk of ignition by overheating or static-electricity must be minimized by proper equipment operation and management.

Innehållsförteckning

1 Inledning	15
1.1 Bakgrund	15
1.2 Mål och syfte	15
1.3 Metod	15
1.4 Avgränsningar	16
2 Objektbeskrivning	17
2.1 Torda Ink AB	17
2.2 Fabriken	18
2.3 Gård och lager	19
2.4 Säkerhetsadministration	20
Säkerhetspolicy	20
Säkerhetsorganisation	20
Utbildning	20
Utrymning	20
Drift och underhållsrutiner	20
Tillsyn	21
Tillbuds och olycksrapportering	21
Beredskapsplanering	21
3 Teoretisk bakgrund	22
3.1 Nitrocellulosa	22
Allmänt	22
Risker	23
Regler och lagar	25
3.2 Flampunkt	26
Ångtryck	26
Brännbarhetsområde	26
3.3 Självantändning	26
Självantändningsteori	26
Modell för självuppvärmning	27
4 Tidigare olyckor med nitrocellulosa	29
4.1 Självuppvärmning	29
4.2 Varmkörning	29
4.3 Satsning av nitrocellulosa	30
5 Labförsök	31
5.1 Bestämning av flampunkt	31
Försöksuppställning	31
Utrustning	33
Utförande	34
Skyddsåtgärder	35
Resultat från försök med flampunkt	35
Felkällor	39
Sammanfattning resultat och slutsats	40
5.2 Test av tendens till självantändning	41
Försöksuppställning och Utrustning	41

Utförande	43
Skyddsåtgärder	44
Resultat från försök med självantändning	45
Felkällor	47
Sammanfattning resultat och slutsats	48
5.3 Släcktest på nitrocellulosa	49
Inledning	49
Utrustning	49
Försöksuppställning	49
Utförande	49
Skyddsåtgärder	49
Resultat från släcktest	50
Felkällor	50
6 Hantering av nitrocellulosa i fabrik på Torda Ink	51
6.1 Stora satser	51
6.2 Små satser	51
7 Hantering av nitrocellulosa i lager	52
7.1 Gamla lagret	52
7.2 Nya lagret	52
8 Riskanalys	54
8.1 Inledning	54
8.2 Klassificering	55
8.3 What-if analys	56
8.4 Riskvärdering	58
9 Rutiner för lagerhållning i nya lagret	62
10 Slutsatser och diskussion	67
10.1 Experiment	67
Flampunkt för lack	67
Självantändning	67
Släcktest på nitrocellulosa	67
10.2 Riskanalysen	68
10.3 Hantering av nitrocellulosa	69
Rutiner för lagerhållning	69
Rutiner i fabrik	71
11 Generell diskussion och sammanställning åtgärder	73
12 Förslag till framtida arbeten och undersökningar	74
Referenser	75
Böcker och rapporter	75
Lagar och förordningar	75
Internet	76
Produktblad och säkerhetsdatablad	76

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Inom tryckfärgsindustrin används lågnitrerad nitrocellulosa som bindemedel i många färger och lacker. Hanteringen av detta ytterst brandfarliga ämne gör att man måste beakta risker som självantändning och explosion. Det har tidigare skett olyckor där nitrocellulosa varit inblandat. Exempel på olyckor som är signifikanta för produktionen på Torda finns i kapitel 4. Det är bra att kunna dra erfarenhet av dessa för att kunna förebygga olyckor i framtiden.

Upprättandet av ett nytt nitrocellulosaförråd på Torda Ink har hållit på och står nu inför sin fullbordan. Detta påbörjades till följd av den riskanalys av industriområdet där Torda är beläget som gjordes oktober 2002. Det är av vikt att hantering och lagerhållning av nitrocellulosa är i enlighet med gällande lagar och förordningar. Kapitel 3.1. *Regler och lagar* behandlar de lagar och förordningar som är relevanta.

Projektarbetet utgör examensarbete på Brandingenjörsprogrammet. Här skall brandingenjörstudenten visa förmågan att tillämpa de kunskaper och färdigheter som förvärvats under utbildningen och att självständigt analysera och redovisa en omfattande uppgift på ett vetenskapligt metodiskt sätt. Projektarbetet genomförs i samarbete med Torda Ink AB.

1.2 Mål och syfte

En riskbedömning av hela processen från lagerhållning till hantering i fabrik skall göras.

Kontroll av fabrik och produktion ska göras för att fastställa huruvida lagar och förordningar är uppfyllda.

Förutom kontroll av nitrocellulosaförrådet skall det även fastställas att lagerhållning, in och utlastning uppfyller lager och förordningar. Förslag till rutiner och eventuella åtgärder skall arbetas fram.

Vad gäller hanteringen i fabriken skall rapporten ge svar på frågeställningar kring risker vid olika moment, rutiner för hantering av rester, spill och rivlack.

Försök kommer att göras för att kunna bedöma en del av de riskerna och ge underlag för upprättande av rutiner.

1.3 Metod

Huvudarbetet utgörs av en teoretisk del samt en försöksdel där teoridelen avser hanteringen av nitrocellulosan. Litteraturstudier samt observationer och intervjuer kommer att ligga till grund för riskbedömning och framtagning av rutiner. Ytterligare underlag till detta hämtas genom att studera tidigare olyckor. Observationer och arbete i produktionen ska göras för att bli bekant med de olika arbetsmomenten i fabriken.

I försöksdelen upprättas och utförs experiment för att titta närmare på flampunkter och självantändning samt släckning av nitrocellulosa. Flampunktsmätning ger svar på om sammansättning av en lack innehållande nitrocellulosa behöver ändras. Test av tendens till självantändning ger underlag för riskbedömning och förslag på rutiner. Genom att genomföra släcktest på nitrocellulosa demonstreras olika släckmedels effektivitet och lämplighet.

1.4 Avgränsningar

Med hänsyn till projektets omfattning begränsas arbetet till att ta hänsyn till risker endast i direkt anknytning till nitrocellulosahanteringen. Undantaget är flampunktsmätningen av lack. Den innehåller visserligen nitrocellulosa men är egentligen inte strikt knuten nitrocellulosahantering i den bemärkelsen den här rapporten avser.

Eftersom huvudarbetet rör sig om att upprätta rutiner för hanteringen av nitrocellulosa kommer laborationsdelen vara begränsad. Självantändningstesterna begränsas därför till att testa endast trasor indränkta i en generisk färg. Resultaten jämförs med undersökningar som tidigare gjorts av färger med träolja och linolja som bindemedel.[1] Detta innebär att vi begränsar oss till att titta på tendens till självantändning.

Trasorna som används till tryckfärgen vid självantändningstest behålls intakta. Det är så de förekommer i spillförvaringen i fabriken varför det är onödigt att testa andra variationer.

De praktiska försöken genomförs endast på en provkroppsstorlek.

2 Objektbeskrivning

2.1 Torda Ink AB

Torda Ink AB ingår i Torda Group som sedan 1947 har försett sina kunder med allt från enkel leverans av tryckfärg till fullständiga lösningar för ett företags hela tryckfärgshantering.

Idag är Torda representerat i 8 länder runtomkring i världen, från Lund i Skåne till Dubai i Förenade Arabemiraten.[27]

Omsättningen i Torda Ink AB uppgår till omkring 120 miljoner kronor per år. Fabriken i Lund har ca 30 anställda varav 16 i produktionen. I produktionen har de flesta lång erfarenhet men vid behov tas det även in arbetskraft från till exempel bemmanningsföretag. Bild 1. visar hur Torda Inks organisation är uppbyggd.

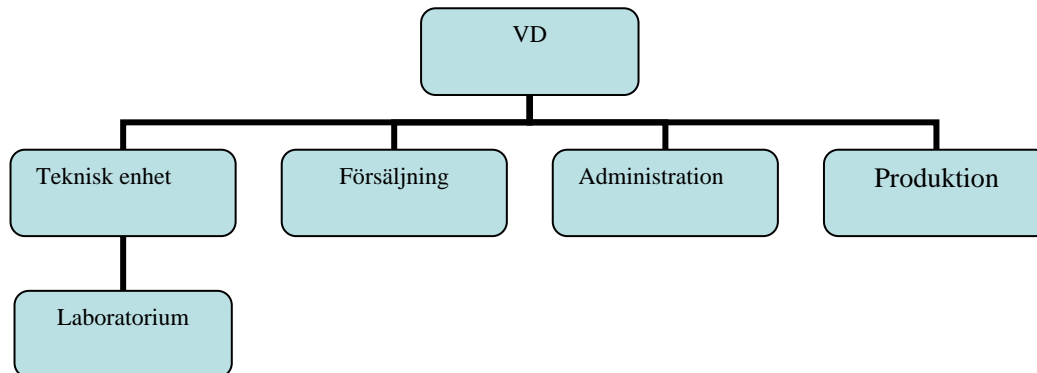


Bild 1. Organisation för Torda Ink AB Sweden.

Fabriken i Lund producerar tryckfärg till förpackningar världen över. Det är både vattenbaserade färger och färger gjorda på lösningsmedel som används till att göra tryckfärger för flexo och djuptryckning. Distinktionen vattenbaserad färg och lösningsmedelsbaserad färg kommer att användas i denna rapport. Vattenbaserad färg avser färg med vatten som lösningsmedel och lösningsmedelbaserad färg avser färg med i första hand organiska kolväten som lösningsmedel. I färgen används torra pigment, nitrocellulosa och plaster som till exempel akryl, polyvinylbuturat och polyuretaner. De lösningsmedel som används mest är etanol och etylacetat. Färgblandningen sker till stor del för hand och Torda specialiserar sig på att kunna erbjuda sina kunder stort utbud och mindre order på kort varsel.

Eftersom de kemikalier som används i tryckfärgerna hanteras manuellt är det viktigt att det finns rutiner som minimerar riskerna för de anställda.

2.2 Fabriken

Lokalerna som innefattar är 3000 m² är till två tredjedelar produktionsyta. Fabriksbyggnaden består av produktionsyta, lab och kontor. Produktionsytan är i tre plan med förrådsutrymme i anslutning till lastkaj på första planet. På tredje våningen satsas ingredienser till olika lacker och färger i öppningar som är kopplade till maskiner på andra våningen.

På första våningen finns den största produktionsytan. Våningen är uppdelad i en del för hantering av färger med spritbaserade lösningsmedel, den delen är Ex-klassad. Det vill säga att det ställs krav på att explosionsrisken minimeras genom att tillexempel skydda armarur och elkontakter. Den andra delen som kallas för vattensidan är till för vattenbaserade färger. På första våningen finns också en verkstad för mindre reparationer.

Färg blandas i allt från enkla spannar till batcher på 1000 kg åt gången. Det tillverkas även diverse lacker som lagras på tank eller pumpas upp i behållare för att användas i lack och färgtillverkningen. Dessa tappas sedan upp på spann, fat eller tank beroende på kundens preferenser.

Närmast vattensidan finns labbet där lack och färg kvalitetstestas. Här sker också arbete för produktutveckling.

Kontor finns på första och andra våningen. Här sköts ekonomi, administration och försäljning. Bild 2 nedan visar fabriken från kontorssidan.



Bild 2. Fabriken sett från gamla lagret.

2.3 Gård och lager

Ute på gården står de kemikalier, färger och lacker som används i produktionen och inte får plats inne i fabriken. Här lagras även tomma fat och tankar som används till blandning och tappning. På gården finns även ett lagertält för frostkänsliga varor. Bredvid tältet finns det gamla nitrocellulosalagret. Det nya nitrocellulosalagret är beläget längst från fabriken då lager där mer än 5000 kg nitrocellulosa förvaras måste vara beläget minst 50 m från omgivande byggnader och annan brandfarlig vara.[25] Detta kan ses på kartan i bild 4 nedan. På andra sidan finns anläggningen för etanol och etylacetat, markerat som tankfarmen på bild 3.

Behållare med kemikalier hämtas till och från fabriksbyggnaden med hjälp av motviktstruck.

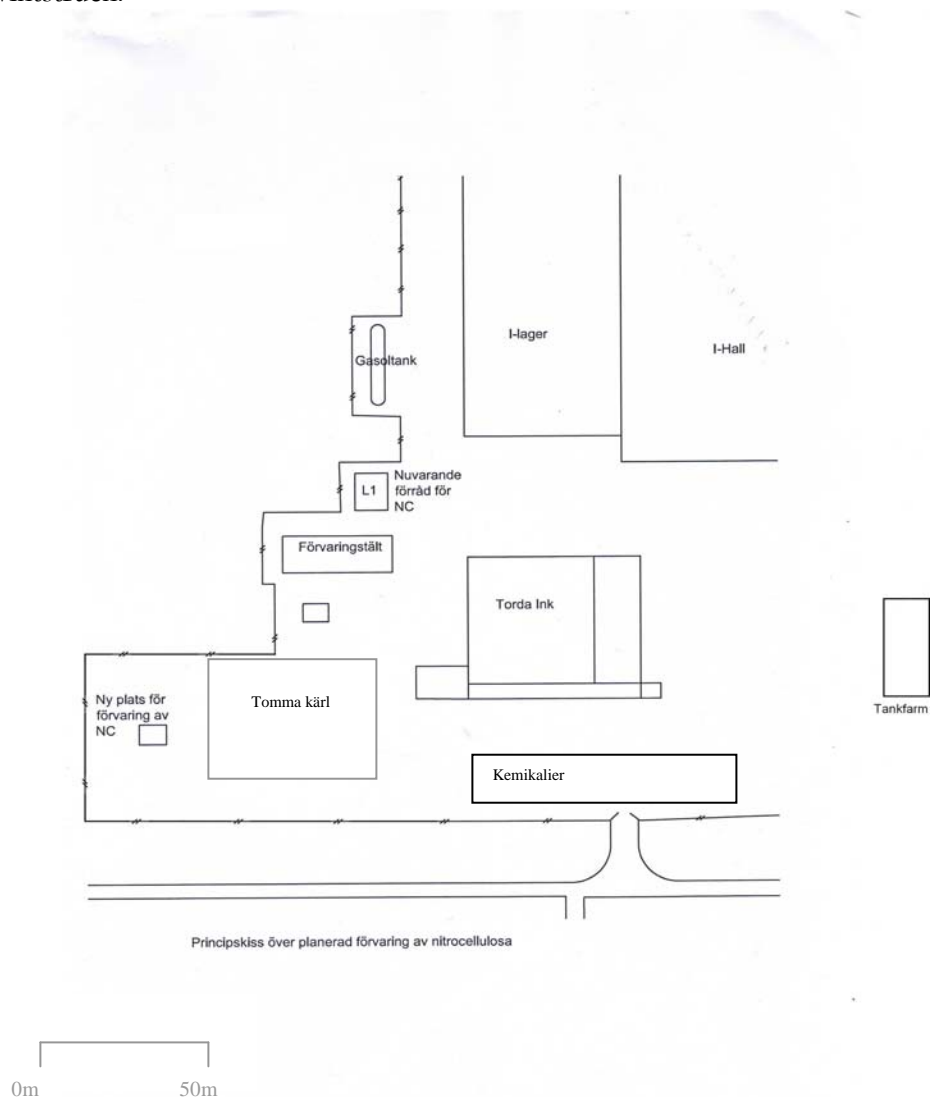


Bild 3. Principskiss över Tordas Fabriksområde.

2.4 Säkerhetsadministration

Säkerhetspolicy

Det finns en miljöpolicy samt en arbetsmiljöpolicy på företaget som årligen granskas av företagsledningen. I denna ingår även frågor av säkerhetskaraktär. Den här rapporten om nitrocellulosa ska kunna användas som underlag för arbete med säkerhetsfrågor på Torda Ink rörande nitrocellulosa i synnerhet.

Säkerhetsorganisation

Det övergripande ansvaret för säkerhet och risker har företagschefen. Det finns föreståndare för brandfarlig vara, brandskyddsansvarig och ett skyddsombud. Företaget har också tillgång till extern säkerhetsrådgivning.

Arbete pågår för att stärka den egna säkerhetsorganisationen, rutiner i produktionen ses över och nya skyltar och varningsanslag har satts upp.

Några gånger om året hålls ett arbetsmiljömöte med vd, skyddsombud, miljökvalitetssamordnare, produktionschef där även säkerhetsfrågor tas upp.

Utbildning

Samtlig ordinarie personal har genomgått en grundläggande brandutbildning genom räddningstjänsten. Ny utbildning sker var annat år.

All personal i produktionen genomgår en intern utbildning i statisk elektricitet på Torda.

Alla nyanställda får en introduktion där en säkerhetsgenomgång ingår.

Utrymning

Utrymning ska ske vid brandlarm. Det finns utrymningsplan med återsamlingsplats. Torda har haft utrymningsövning vid något tillfälle.

Drift och underhållsrutiner

Torda har ett externt serviceavtal för service av fastigheten. Dokumentation för besiktning av tankfarmen finns i pärmen för brandfarlig vara.

I ledningssystemet finns specifikationer för de olika momenten i produktionen. Recept finns för de råvaror som används i produktionen.

Brandredskap genomgår årlig service och kontrolleras med avseende på plombering och placering av den ronderande vakten under veckosluten. Brister protokollförs och åtgärdas av handläggaren för verkstaden.

Tillsyn

Fyra gånger om året genomförs en intern skydds rond av produktionschefen, Miljö kvalitets ansvarig, VD och skyddsombud. Brister tas upp vid arbetsmiljömötena och produktionschefen ansvarar för att de åtgärdas.

Tillbuds och olycksrapportering

Tillbud och olyckor rapporteras till skyddsombud och produktionschef som ansvarar för åtgärder. Avvikelse rapporteras skriftligt av personalen till produktionschefen som beslutar om åtgärder. Rutiner finns för angivande av orsak, åtgärder samt uppföljning. Eftersom det hittills har skett få olyckor på Torda finns ingen översiktlig statistik.

Beredskapsplanering

Det finns rutiner för hur spill av brandfarlig vätska ska omhändertas. Vid akut risk för brand eller påverkan på miljö och avlopp meddelas vakten som kontaktar Räddningstjänst Syd..

3 Teoretisk bakgrund

3.1 Nitrocellulosa

Allmänt

Nitrocellulosa används på en mängd sätt i många olika produkter. Några av de vanligaste användningarna är ytbehandling, plast, lim, dynamit, röksvagt krut och tryckfärger. Tidigare kunde man hitta nitrocellulosa till exempel i tyger i flygplan där den stärker och vattenskyddar tyget. Nitrocellulosa finns även i laminat till säkerhetsglas, efter första världskriget började det även användas i billack.

Nitrocellulosa som inte används för explosivt bruk kallas löslig nitrocellulosa eller lågnitrerad nitrocellulosa. [6] Den här typen av nitrocellulosa, som också är den som används på Torda Ink AB, har högst 12,6 % kvävehalt. Nitrocellulosan som används inom färgindustrin är dessutom fuktad med etanol för att göra den mindre lättantändlig.[25]Det är denna typ av nitrocellulosa som avses i fortsättningen i den här rapporten.

Nitrocellulosan är viktigt för en rad nödvändiga egenskaper för ytbehandling. Först och främst torkar lack med nitrocellulosa fort. Det beror på att nitrocellulosan låter lösningsmedlet evaporera väldigt snabbt. Detta gör den mycket användbar i tryckfärgsindustrin. Lacker gjorda av nitrocellulosa ger dessutom ett tåligt skydd för den behandlade ytan. Nitrocellulosa ger lacken egenskaper som till exempel hindrar genomsläpplighet av vattenånga, ger skydd mot fett, olja och vatten. Nitrocellulosan främjar även lackens dekorativa egenskaper tillsammans med olika tillsatser där lyster och färgstabilitet är av intresse.[6]

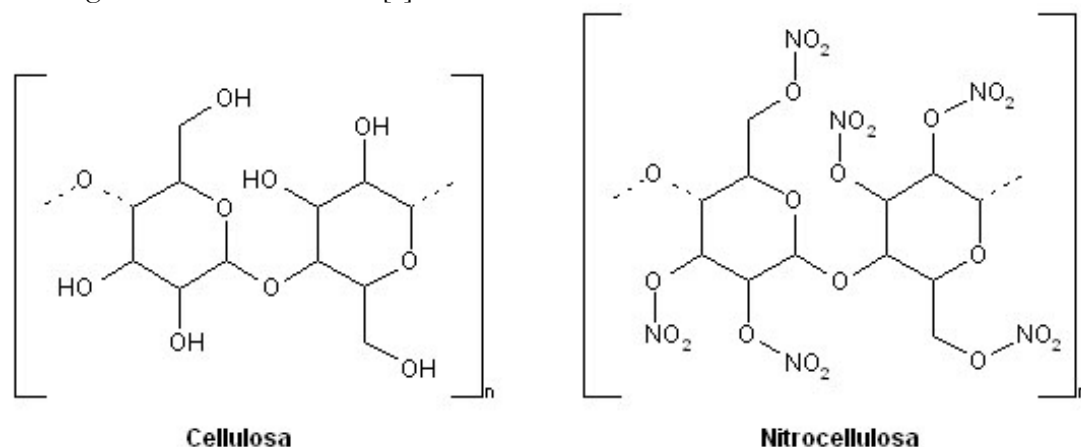


Bild 4. Den kemiska strukturen för cellulosa respektive nitrocellulosa.

Själva nitrocellulosan tillverkas genom att syror kombineras med cellulosa och på så sätt skapas estrar. Cellulosan kommer från bomull eller trämassa. Den empiriska kemiska formeln för cellulosa är $(C_6H_7O_2(OH)_3)_n$ och teoretiskt är det möjligt att byta ut de tre

OH-grupperna mot tre NO₃-grupper. Vid utbyte av alla tre OH-grupper erhålls en nitreringsgrad av 14,14 % och om endast en OH-grupp byts ut blir nitreringsgraden 6,76 %. Cellulosa byggs upp av glukosanhydrider med tre hydroxylgrupper sammanlänkade i långa kedjor, därav n^oet i formeln. Bild 4 visar hur den kemiska strukturen ser ut. Kedjorna är i de flesta fall 500 till 2500 enheter långa. I vissa enheter byts alla OH-grupper ut och i andra enheter byts två, en eller ingen OH-grupp ut. Detta gör att beroende på vilka förhållanden som råder under reaktionen kan alla mellanliggande nitreringsgrader uppnås mellan 6,76 % och 14,14 %.

I praktiken begränsas nitreringsgraden uppåt till 13,8 % i kommersiellt bruk. För att uppnå fullständig nitrering krävs ekvilibrium blandningar av svavelsyra, salpetersyra och vatten. En nedre begränsning vid 10,5 % finns också vid praktisk användning. Detta först och främst då nitrocellulosa med lägre nitreringshalt än så inte löser sig i vanliga lösningsmedel och att den inte har de önskvärda egenskaperna som gör den användbar i industrin. Intervallet som är användbart för lacker ligger mellan 10,5 % och 12,6 % kväveinnehåll.[6]

Fysiska och kemiska egenskaper för nitrocellulosa fuktad med etanol[28]

- Form: fibrös, pellets, pulver
- Färg: vit
- Lukt: etanol
- Skrymdensitet: 250 – 600 kg/m³
- Ångtryck för etanol: 58x10² Pa vid 20 °C
- Löslighet:

- i vatten:	Nitrocellulosa är ej löslig. Etanol blandas fullständigt.
- andra lösningsmedel:	Nitrocellulosa löslig i estrar, ketoner, alkoholer. Etanol löser sig i de flesta organiska lösningsmedel.
- Flampunkt för etanol: 13 °C
- Explosions gränser för etanol:

undre:	3,3 volymprocent
övre:	19,0 volymprocent
- Deflagrationstemperatur för nitrocellulosa: ≥180 °C

Risker

Ämnen innehållande nitro grupper så som nitrocellulosa har förmågan att brytas ned automatiskt utan att behöva syre utifrån. Reaktionen kan vara våldsam och resulterar i att giftiga nitrösa gaser frigörs. Ämnen med hög nitrohalt hör till explosiva ämnen. Inom tryckfärgsindustrin används endast lågnitrerad nitrocellulosa. I nitrocellulosalacker finns

dessutom andra ämnen och tillsatser som ger tryckfärgen eller lacken önskade egenskaper som dessutom hjälper till att göra nitrocellulosan mindre känslig.[26]

Det finns fortfarande en del riskfaktorer att ta hänsyn till i hanteringen av lågnitrerad nitrocellulosa. Till exempel kan exoterma reaktioner uppstå då nitrocellulosa bryts ned som ger upphov till värme- och gasutveckling. När nitrocellulosa torkar eller koncentreras kan självantändning ske, vid 180 grader Celsius sker deflagration. Deflagration är när reaktionszonen i ett explosivämne breder ut sig i ämnet med mindre än ljudets hastighet.[26]

Nitrocellulosa som används på Torda är i pulverform, det påminner om proteinpulver man köper i hälsokostaffärer och luktar ungefär på samma sätt. Det är fuktat med 30 % etanol, denna vandrar nedåt i behållaren över en viss tid. Detta kan torrlägga ”krutet” som nitrocellulosa populärt kallas i fabriken vilket gör att det blir självantändningsbenäget. För att undvika detta måste tunnorna vändas var annan eller var tredje vecka.[25]

Förvaringsemballagen för nitrocellulosan finns i två utföranden: papplådor eller papptunnor med en polyetenpåse omkring nitrocellulosan. Papptunnan leder värme sämre än stålfat och laddas inte upp med statisk elektricitet. Polyetenpåsen är också antistatisk, vilket minskar risken för antändning. Polyetenpåsen försäkrar även att nitrocellulosan inte torkar ut vilket skulle göra den instabil enligt stycket ovan.

Vissa ämnen kan skynda på nedbrytningsprocessen så som koppar, aluminium, mässing, syror, lacker innehållande syra, aminer, aminoalkoholer och oxidanter. Vattenbaserade lacker innehållande ammoniak kan bidra till exoterma reaktioner om de blandas med nitrocellulosalacker. Detta är viktigt att tänka på när man hanterar spill och sopor.[26] Generellt gäller att ju högre koncentration av nitrocellulosa desto större värmeutveckling är möjlig och därmed ökar riskerna för tillbud.

Vid satsning av nitrocellulosa finns även en viss risk för dammexplosion. När nitrocellulosa sprids i luften kan exempelvis en gnista från statisk elektricitet antända luft och nitrocellulosablandningen. Eftersom nitrocellulosan är fuktad är risken förhållandevis liten i förhållande till risken för dammexplosion vid satsning av pigment.

För att minska riskerna vid hantering i fabriken bör spill och sopor hanteras separat enligt rekommendationer från tillverkare. Spill bör läggas i en separat stängd container. Uttorkning ökar risken för antändning ytterligare vilket innebär att spill skall torkas upp så fort som möjligt. Om det måste skrapas bort skall gnistfria verktyg i brons eller mässing användas.

Spill av nitrocellulosa i pulverform kan med fördel lösas upp i alkohol. Detta gör att lösningen inte är farligare än alkoholen i sig självt. Risken för antändning minskar då betydligt, liksom när man river ned nitrocellulosa i lösningsmedel. Etanol är visserligen själv brandfarlig men uttorkad nitrocellulosa är mycket mer lättantändlig. På det här

sättet hindrar man nitrocellulosan att torka ut och eliminerar risken för att den ska deflagrera.

En särskild fara finns vid hantering av spill. Då många spilltrasor förvaras tillsammans i en container finns risk att självuppvärmning börjar ske i förvaringen för spilltrasor. Detta kan vara svårt att upptäcka. Trasorna kan ligga och pyra en tid utan att det upptäcks vilket givetvis ökar risken för antändning.[26]

Regler och lagar

Här presenteras de regler och lagar som gäller vid hantering av nitrocellulosa översiktligt för orientering. De är inte återgivna i sin helhet varför läsaren hänvisas till de lagdokument som åsyftas för en fullständig uppteckning av dem. I rapporten nämns ifall avsteg från regler och lagar påträffats.

2004 ersattes räddningstjänstlagen från 1987 med lagen om skydd mot olyckor.[22] Anledningen var att man ville modernisera lagen, minska detaljregler och tydliggöra gränser till annan lagstiftning. Målet med den nya lagen var att skydda människors liv, hälsa, egendom samt miljö mot olyckor. Detta skulle göras genom att skapa bättre förmåga i samhället att förebygga och hantera situationer som kan leda till räddningsinsats. Möjligheter för att minska antalet olyckor skulle förbättras och man ville ha flexibilitet och möjlighet att anpassa utifrån lokala förhållanden.

I lagen formulerades nationella säkerhetsmål: Människors liv och hälsa, egendom och miljö samt tillfredställande och likvärdigt skydd mot olyckor med hänsyn till lokala förhållanden. I och med den nya lagen ställdes nu nya krav på den enskilde. Ägaren eller nyttjanderättshavaren ska se till att det finns utrustning för brandsläckning livräddning och annan olycka samt förebyggande åtgärder mot brand i övrigt. En skriftlig redogörelse för brandskyddet ska lämnas till kommunen. Vid farlig verksamhet ska ägaren eller verksamhetsutövaren stå för beredskap och utrustning för att skydda mot olyckor. Vid farlig verksamhet är det verksamhetsutövaren som ansvarar för att en riskanalys görs och att myndigheter underrättas.[22]

Sprängämnesinspektionen har föreskrifter som gäller hantering och förvaring av nitrocellulosa. Lagar och förordningar är bindande det vill säga att de måste följas. För nitrocellulosavaror gäller lagen om brandfarliga varor[20] och förordningen om brandfarliga varor.[21] Föreskrifterna gäller inte för varor i vätskeform där nitrocellulosa ingår med högst 20 viktprocent. De behandlas då som brandfarlig vätska enbart.[25] SÄIFS 1989:5[25] behandlar regler som gäller för lågnitrerad nitrocellulosa det vill säga varor innehållande kväve till högst 12,6 viktprocent.

Varorna ska märkas som mycket brandfarliga och det ska till exempel finnas riskupplysning och skyddsanvisning med varan när den levereras. Hantering av nitrocellulosavaror ska ske så att risken för antändning minimeras. Byggnad och utrustning ska klassas utefter hur hantering sker.[25] Om nitrocellulosa hanteras öppet klassas de enligt klassning vid verksamhet med brandfarlig vara[19] och enligt klassning

vid hantering av explosiv vara.[24]Då nitrocellulosan hanteras endast i slutna förpackningar ska klassningen vara som brandfarliga rum vilket innebär en lägre säkerhetsklass. I en så kallad A-byggnad, en byggnad där det vistas folk som inte känner till hanteringen av nitrocellulosa och riskerna med den, får inte mer än 25 kg nitrocellulosa hanteras. Vid hantering av mer än 50 kg nitrocellulosa måste rum utföras så att skador på omgivningen vid brand i rummet förhindras. Det ska finnas fasta släckinstallationer och brandgasventilering. Rummet ska vara ventilerat och nitrocellulosan ska vara lätt åtkomlig för att underlätta brandbekämpning. Byggnader där nitrocellulosa hanteras ska finnas på betryggande avstånd från omgivande byggnader och andra objekt. I de allmänna råden till föreskrifterna kan man hitta vilka säkerhetsavstånd som rekommenderas.[25]

Ytterligare behandlar SÄIFS 1989:5 varningsanslag, tillstånd och anmälan samt dispenser. [25]

3.2 Flampunkt

Ångtryck

En brännbar vätska måste avge brännbara ångor för att kunna antändas. En vätskas förmåga att avge ångor beror på vätskans sammansättning och egenskaper samt omgivningen. Ångtrycket för vätskan är i sammanhanget en viktig egenskap. När molekylerna i vätskan lämnar ytan och bildar ånga kallas det avdunstning. Om en vätska hålls i en behållare med lock inträder efter hand ett jämviktsläge där de molekyler som lämnat vätskeytan ej kan lämna behållaren utan åter absorberas av vätskeytan. Hur lätt molekylerna lämnar vätskan beror på hur stora de intermolekylära krafterna är. Ju mindre intermolekylära krafter desto högre ångtryck har vätskan. Det vill säga vätskan är då lättflyktig. Flyktigheten av vätskan bestäms också av temperaturen, med högre temperatur ökar flyktigheten.[4]

Brännbarhetsområde

För att en gas- och luftblandning ska kunna antändas måste blandningen vara innanför brännbarhetsgränserna. Dessa utgörs av den lägsta koncentration brännbar gas eller ånga respektive den högsta koncentrationen i blandningen som kan brinna.

Flampunkten hittas vid den temperatur som ger ett tillräckligt högt ångtryck för att det ska byggas upp en koncentration ånga ovan vätskeytan motsvarande den undre brännbarhetsgränsen.[4]

3.3 Självantändning

Självantändningsteori

Definitionen av självantändning är: varje till förbränning ledande process, orsakad av värmealstring i materialet, utan medverkan av främmande värmekällor.[12]

Självpuppvärmning i ett material uppträder när värme alstras i materialet med en hastighet som är större än den hastighet med vilken värme leds bort till omgivningen. Det leder till att temperaturen stiger och den exoterma reaktionen accelereras, vilket i sin tur leder till ytterligare temperaturstegring och så vidare. Slutligen kan antändning inträffa då den termiska tändpunkten för det reagerande materialet eller något intilliggande material överskrids.

Material som är kända för att självantända under vissa betingelser är bönor, kol, bomull, säd och hö. Även porösa material som är kontaminerade med värmeutvecklande substanser kan självantända. Processer som kan leda till självantändning är följande:

- Sorptionsvärme, värmeutveckling sker vid upptagning av vatten.
- Adsorption av syre uppstår på ytan av reaktiva ämnen med en därpå följande oxidation. Detta sker långsamt för exempelvis träkol och mycket snabbt för vissa metallpulver.
- Biologiska processer förorsakade av svampar och bakterier.
- Autooxidation av organiska ämnen, det klassiska fallet är torkande oljor och det gäller även nitrocellulosa.
- Andra värmeutvecklande reaktioner, polymeriseringsreaktioner, släckning av kalk med mera.

Vid självantändning finns det en rad faktorer att beakta. Syretillgång krävs för de flesta självuppvärmande reaktionerna. Detta innebär att tillgången till syre kan begränsa värmeutvecklingen och förhindra att antändning sker. Volymen spelar också roll, är volymen för liten leds för mycket värme bort för att självantändning ska äga rum. Större volym ger en isolerande effekt vilket hindrar att värmen leds bort. På grund av detta kan användas isolering för att simulera en större volym vid självantändningsförsök. Ett poröst material har en stor specifik yta vilket gynnar självantändning. Förekomst av isolerande material ökar också risken för självantändning. Om omgivningstemperaturen är hög minskas värmeförlusterna vilket lättare leder till självantändning.[32]

Modell för självuppvärmning

För att se om ett material har tendens till självuppvärmning tas ett prov av materialet t.ex. en trasa indränkt i färg innehållande nitrocellulosa och placeras i en förvärmad ugn. Temperaturändringen i provet följs sedan så som kan ses på bild 5. I bilden benämns kurvan för temperaturen i provet ”specimen” och kurvan för temperaturen i ugnen benämns ”oven”.

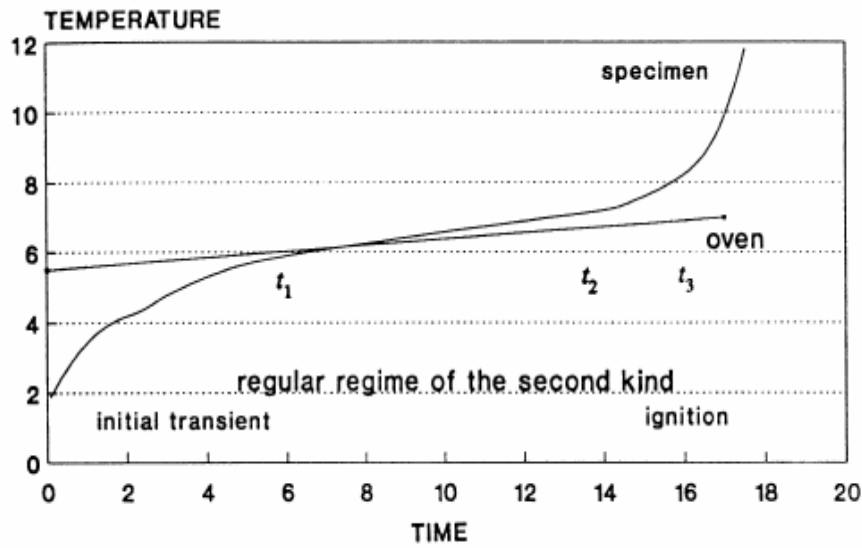


Bild 5. Graf för temperatur över tid i ugn och i provkropp.

Det tar inledningsvis en viss tid för provet att uppnå omgivningstemperatur.[3] Denna tid benämns t_1 och utgör uppvärmningszonen. Därefter följer en period då temperaturen ändras lika inom hela systemet, denna period benämns t_2 eller den konstanta zonen. Då värmeutvecklingen inom provet blir dominerande över värmeförlusterna nås självantändningszonen, t_3 .

Tolkning av temperaturkurvan som man får vid test av en provvolym sker enligt bild 6 nedan, där de två tangenterna skärs erhålls självantändningszonen i detta fall efter 410 minuter.

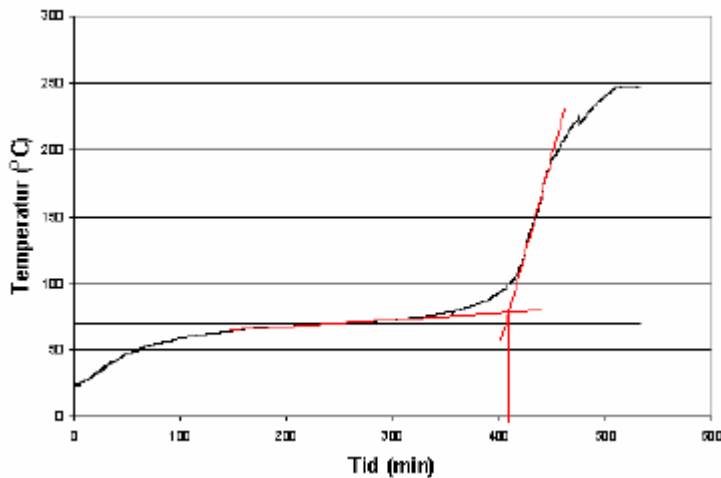


Bild 6. Genom skärningen av två tangenter till kurvan erhålls tid till självantändningszonen.

4 Tidigare olyckor med nitrocellulosa

Nitrocellulosa är betecknat som mycket brandfarligt. För en konkret bild av följderna av olyckor där nitrocellulosa är involverat följer här några exempel på olyckor inom tryckfärgsindustrin. Det är också olyckor av detta slag som ligger till grund för de strikta regler som gäller för hantering av nitrocellulosa. Var olyckorna har skett har valts att inte nämnas av hänsyn till företagen då en del har återberättats genom Torda och övriga kommer från räddningsverkets integrerade beslutsstöd (RIB).

4.1 Självuppvärmning

Grön-gul rök upptäcktes från en lokal i en färgfabrik. Strax efter att brandlarmet startade hördes en dov explosion som kastade ut hela betongväggen från lagerlokalen med fönster och dörrar och allt. En häftig brand utbröt omedelbart och snart var branden mycket omfattande. Sönderslagna fat med brandfarlig vätska gav elden ytterligare näring. Brandgaser spred sig snabbt till andra utrymmen genom den trasiga ventilationen. Fat med brandfarlig vätska exploderade av värmen och slog hål på en tank som spillde ut nästan ett ton brännbar vätska på golvet som också fattade eld.

Branden som spreds till ytterligare en byggnad blev mycket svårsläckt och personalkrävande. Det kunde konstateras att tre fat med nitrocellulosa som stått öppna självantänd och exploderat.

Det här exemplet kan vara värt att hålla i åtanke vid läsning om riskerna kring att låta käril stå så att nitrocellulosan kan torka ut (se kapitel 6.2) och vid lagerhållning där alkoholen som fuktar nitrocellulosan sjunker i kärlet i kapitel (se kapitel 3.1. *Risker* och kapitel 7.3). Diskussion om detta återfinns (se kapitel 9.3. *Rutiner för lagerhållning*, respektive 9.3. *Rutiner i fabrik*).[5]

4.2 Varmkörning

Vid blandning av 4,5 m³ klass 2 produkter och nitrocellulosa uppstod överhettning då operatören glömt att stänga av omröraren till blandaren och för att den automatiska avstängningsanordningen inte fungerade. Temperaturen steg till 150 °C varpå massan i blandaren började självuppvärmas ytterligare till 200 grader vilket gav upphov till att lättantändliga gaser avgavs.

Räddningstjänsten kylde invändigt i blandaren med hjälp strålrör genom manluckan samt ångspett som stacks in i massan. (Ångspett är en typ av dimspik, i princip ett munstycke som är perforerat för att kunna stickas in i till exempel en glödbrandhård och sprida vatten där man annars inte kommer åt). Vatten tillfördes dessutom genom en ventil i botten. Kylningen gjorde att reaktionen avstannade och temperaturen sänktes. De genomförde även gasindikering och tog bort möjliga tändkällor för att minska risken för antändning.

I det här fallet kunde räddningstjänsten ta kontroll över situationen. I annat fall hade läget lätt kunnat bli som i exemplet ovan.

Riskbilden på Torda för liknande tillbud behandlas i kapitel 7.1 och 9.3. *Rutiner i fabrik*. [10]

4.3 Satsning av nitrocellulosa

Vid satsning av nitrocellulosa antändes ångor från etylacetat. En kraftig flamma följdes av en explosion som skadade tretton människor. Bland de åtta som skadades svårt fick en truckförare som träffades av flammen sjuttioprocentiga brännskador. En skiljevägg kollapsade över en jobbare som fick skullskada, flertalet frakturer och leverskada.

I det här fallet uppstod ingen dominoeffekt. Förutom lite småbränder runt om i trasor och liknande antändes inget mer än det som var inblandat i explosionen. Tryckvågen orsakade däremot omfattande strukturella skador i byggnaden.

Det här fallet kan hänföras till riskerna med statisk elektricitet som nämns i kapitel 6.1 och 9.3. *Rutiner i fabrik* [15]

5 Labförsök

Den här delen syftar till att få en bild av vissa egenskaper i lack och färg, innehållande nitrocellulosa, som kan påverka risken för antändning.

5.1 Bestämning av flampunkt

I hanteringen på Torda förekommer två lacker som det är av intresse att undersöka flampunkten på: Lack A och Lack B. Det som skiljer dem åt innehållsmässigt är förhållandet mellan ingredienserna etanol, etylacetat och nitrocellulosa, i lack A förekommer även en mjukgörare som i redovisning av experimenten kallas för tillsats C. Experimentet syftar till att ta reda om mjukgöraren ger någon skillnad i flampunktstemperatur och i så fall hur mycket. Flampunkten på lack A har tidigare bestämts av Torda Ink till 13 °C. Detta är samma som flampunkten för etanol vilken också är den största ingrediensen i lackerna. Lack B saknar tillsats och testas som den är och sedan med mjukgörare tillsatt så att den har dubbelt så mycket mjukgörare som lack A.

Flampunkter för ingredienser i lack

Etylacetat	-4 °C	[24]
Etanol	13 °C	[25]
Tillsats C	128 °C	[26]

Försöksuppställning

Försöket görs i en gnistkammare. En schematisk bild av apparaturen ses på bild 7 nedan. Gnistkammarens mått är enligt följande: diameter 20 cm och dess höjd 10 cm. I locket på gnistkammaren monterades två elektroder för gnistbildning, som kan justeras i höjd – och sidled, locket är även tryckavlastande. Själva gnistkammaren utgörs av ett speciellt glasmaterial.

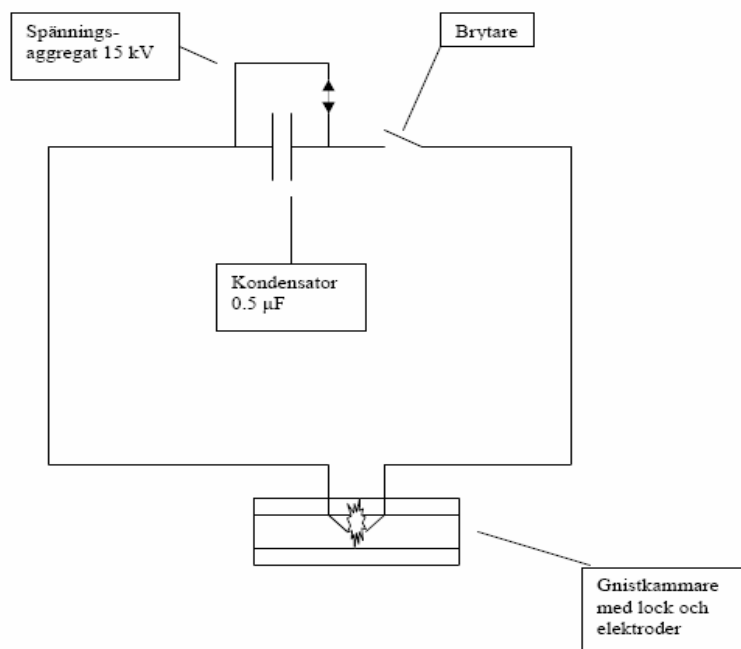


Bild 8. Schematisk bild över apparaten.

Med hjälp av ”gnistkammaren” skall flampunkten för vätskan bestämmas. Detta görs genom att alstra gnistor mellan elektroderna i gnistkammaren. För att kunna alstra dessa gnistor är elektroderna anslutna till ett spänningsaggregat, som i sin tur är sammankopplat med två kondensatorer, se bild 7. Kondensatorerna används för att kunna erhålla stora momentana gnistenergier i storleksordningen 10 J. Gnistornas spänning och energi kan varieras med hjälp av ett vred på gnistinduktorn. Spänningsaggregatet fungerar som en stor kondensator som alstrar spänning under en viss tid för att sedan ladda ur. Efter urladdning byggdes spänningen åter upp för att sedan ladda ur igen och så vidare.

Elektroderna i gnistkammaren kan ändras i sitt läge, några cm, både i sidled (x-led) och höjddled (y-led). Detta innebär att större gnistor kan alstras samt att avståndet från vätskeytan kan varieras. Detta bl.a. för att undersöka hur ”långt upp” från vätskeytan som de brännbara ångorna kan antändas.

Två termometrar används för att mäta vätske - och lufttemperatur.

Försöksuppställningen i brandlabbet ses på bild 8 nedan.



Bild 8. Försökuppställning vid mätning av flampunkt.

Utrustning

Vid försöken används följande utrustning:

En cirkulär glasbehållare med lock (tryckavlastande), elektroder centriskt monterade i locket, våg, pipett, spänningsaggregat och videokamera.

Videokameran används för att kontrollera försöket i efterhand, för att vara helt säker på att antändning dvs. flash, verkligen har inträffat. Videobandet kan spelas upp i slowmotion med 25 bilder per sekund det vill säga 1/25 sekund mellan bilderna. Förutsättningen för att det skall bli bra kvalitet på bilderna är att det är mörkt i laboratoriet.

Vid experimenten kylde vätskan i gnistkammaren inpackad i is i en kyl.

Utförande

Vätskeblandningen i glasbehållaren observerades visuellt och ibland även som nämnts ovan med hjälp av kamera för att med säkerhet konstatera om en antändning inträffat vid vätskeytan. Med hjälp av kameran kunde förbränningsförloppet och flamspridningen studeras i slow motion.

Vid försöken på de olika brännbara vätskorna mättes vätsketemperaturen precis innan försöket med två elektriska termometrar, även lufttemperatur mättes. Som tidigare nämnts så användes två elektroder i vätskebehållaren. De är anslutna till en elektrisk utrustning som alstrar gnistor mellan elektroderna.

Då locket slöts över vätskan började en koncentrationsgradient direkt att ”byggas upp” ovanför vätskeytan. Efter ”lång tid” så är koncentrationen konstant i hela utrymmet (volymen) ovanför vätskeytan vilket innebär att det har ingen betydelse var elektroderna placeras i x,y,z-led. Är blandningsförhållandet inom brännbarhetsgränserna så kommer en antändning att ske.

Bild 9 nedan visar hur det såg ut vid antändning. Sex stycken bildrutor har tagits från videon som togs vid ett av experimenten. Första rutan visar gnistan från spänningsurladdningen. De följande rutorna visar sedan hur flammen breder ut sig över vätskeytan.

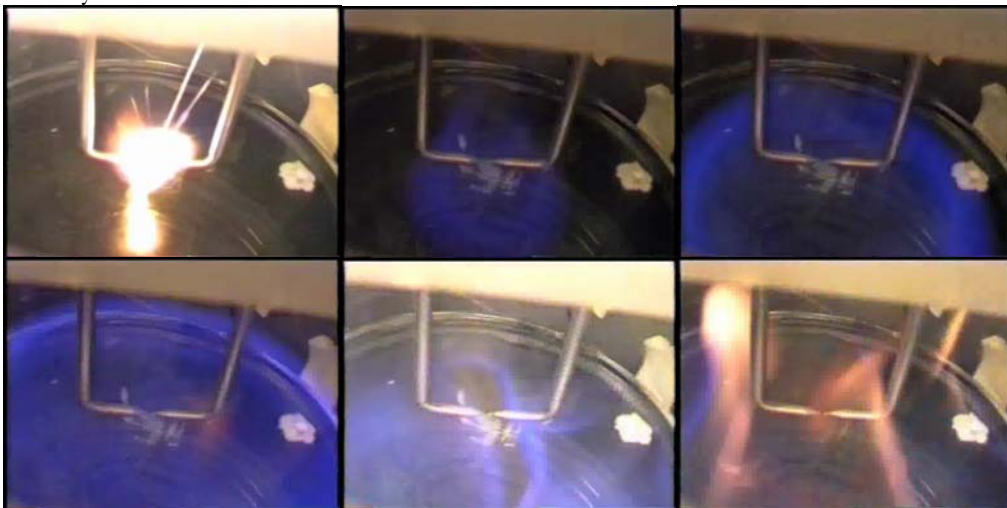


Bild 9. Stillbilder vid antändning som har tagits från filmen vid mätning av flampunkt.

Skyddsåtgärder

I händelse av spill fanns trasor till hands, brandsläckare fanns i närheten i fall brand skulle uppstå.

Försöket gjordes under huv då nitrocellulosa utvecklar farliga gaser vid förbränning.

Eftersom det var mörkt i labbet iakttofs extra försiktighet så att fall och spill undveks.

Placering av utrustning gjordes så risken att stöta i något när man rörde sig i labbet minskades.

Skyddsglasögon bars till skydd mot stänk.

Resultat från försök med flampunkt

Först mättes flampunkten för Lack A. Det första försöket resulterade i antändning nästan med en gång varför försöket startades om. Denna gång förlöpte experimentet som förväntat och flampunkten kunde fastställas till 13 °C. Detta utläses ur diagrammen genom att kontrollera att antändning har skett på video och bestämma vilken spänningsurladdning i ordningen som gav tändning. Tiden kontrolleras i diagrammet för spänning (bild 11) och temperaturen (bild 10) kan sedan kontrolleras vid samma tid i diagrammet för temperatur.

För lack A till exempel visade videon att kondensatorn laddade ur ytterligare två gånger efter att antändning skett innan försöket stoppades. I spänningsdiagrammet kan man se vilken tidpunkt urladdningarna sker varför man helt enkelt räknar urladdningarna i diagrammet och läser av tidpunkten, i det här fallet vid den tredje urladdningen från slutet.

Temperaturen kan läsas vid samma tidpunkt i temperaturdiagrammet. Bild 10 och 11 på nästa sida illustrerar hur utläsning av värdena sker i excel.

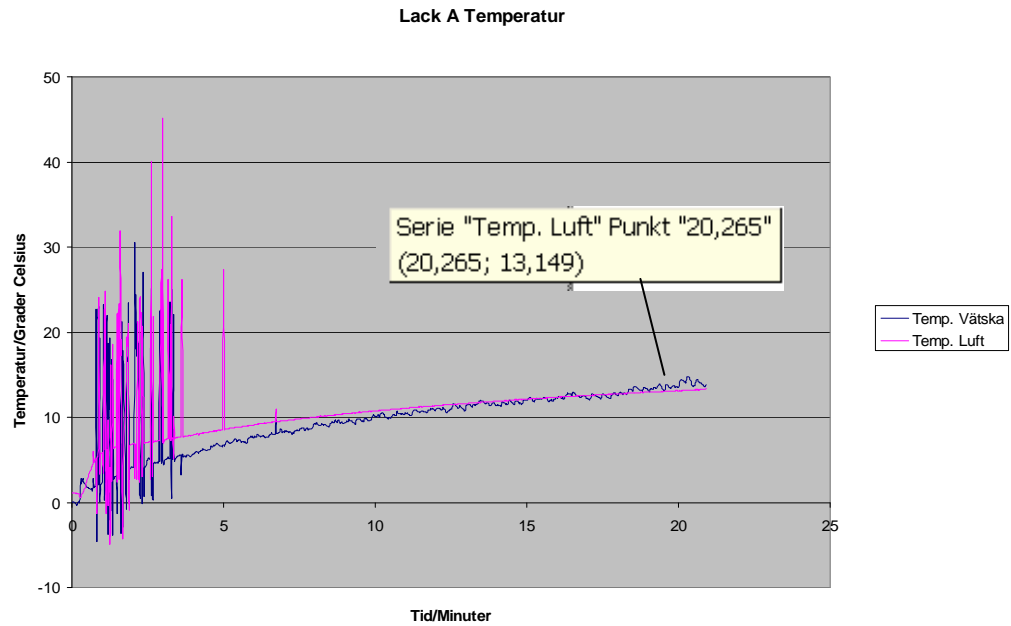


Bild 10. Diagram för temperaturen i vätska och luft i gnistkammaren med Lack A.

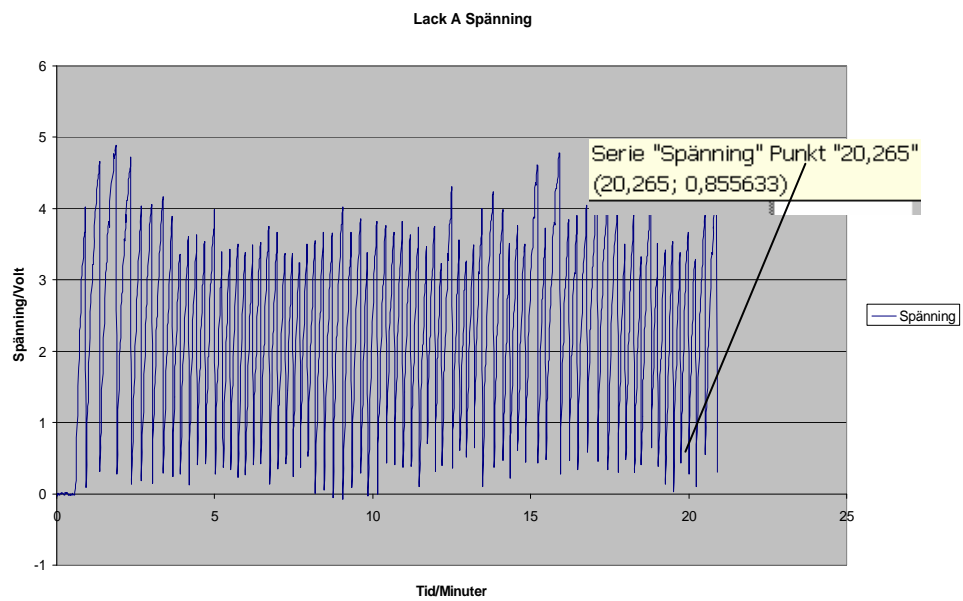


Bild 11. Diagram för spänningen vid flampunktsförsök med Lack A

I nästa försök testades Lack B. Avläsningarna gick till på samma sätt som beskrevs vid försök med lack A. På grund av spänningsstörningar blev mätvärdena vid flampunkten fel. Om det antas att temperaturkurvan är linjär i området där störningarna uppstått kan man med utgångspunkt från värdet efter störningsperioden bestämma flampunktstemperaturen till ca 12 °C. Punkten illustreras i exceldiagrammet på bild 12 nedan. Bild 13 visar spänningsdiagrammet.

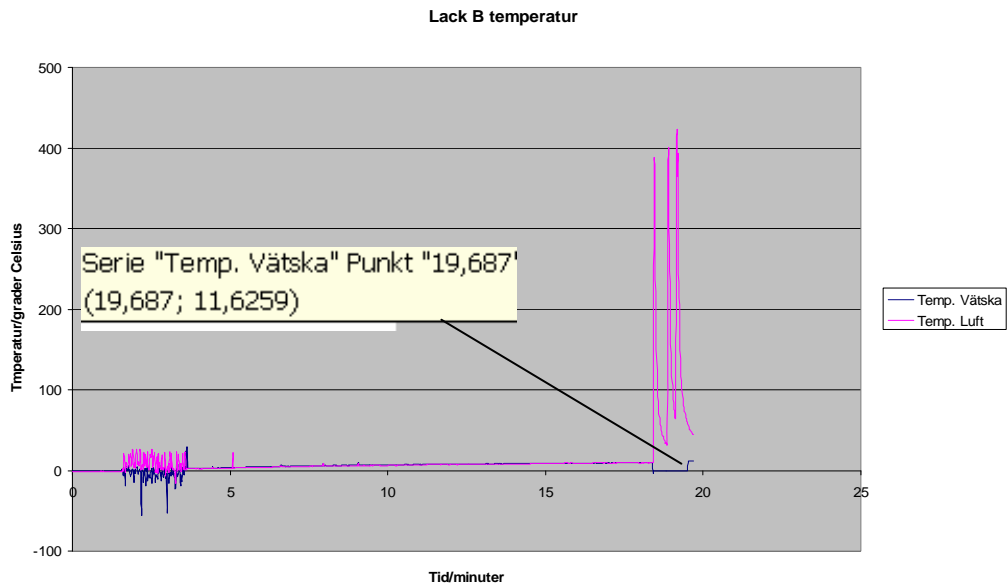


Bild 12. Diagram för temperaturen i vätska och luft i gnistkammaren med Lack B.

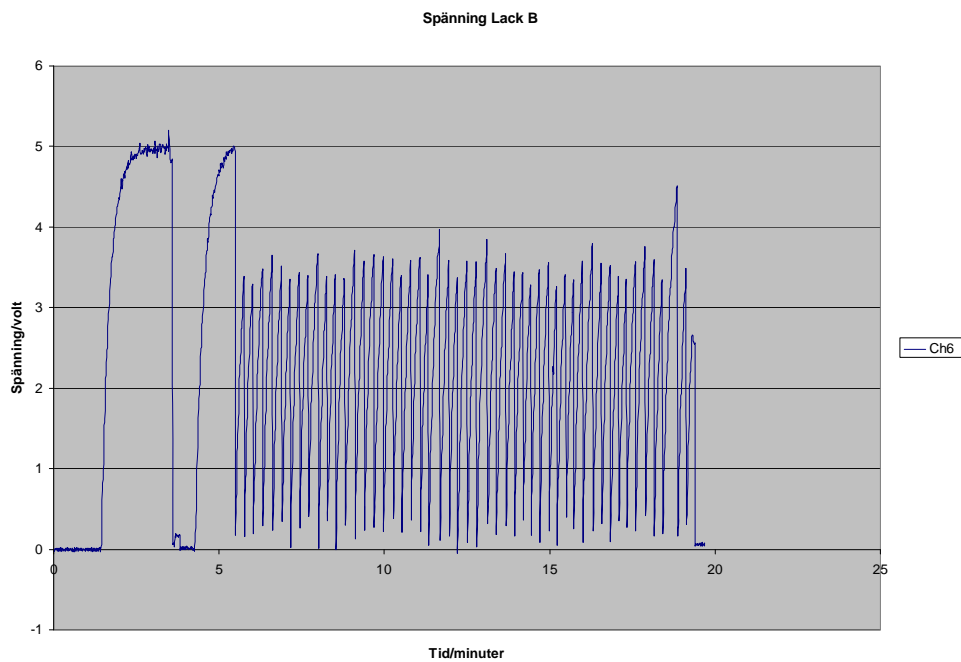


Bild 13. Diagram för spänningen vid flampunktsförsök med Lack B.

I sista försöket testades en blandning av lack B och en mjukgörare. Där bestämdes flampunkten till 14 °C. Detta försök lyckades utan större störningar vilket kan ses på de lite jämnare diagrammen i bild 14 och 15

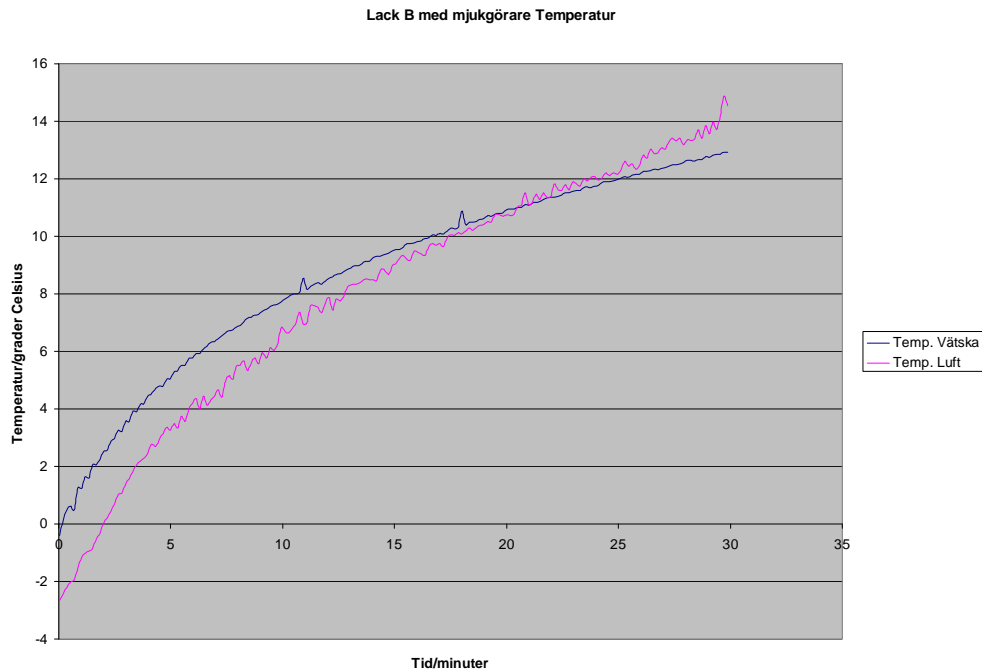


Bild 14. Diagram för temperaturen i vätska och luft i gnistkammaren med Lack B med mjukgörare.

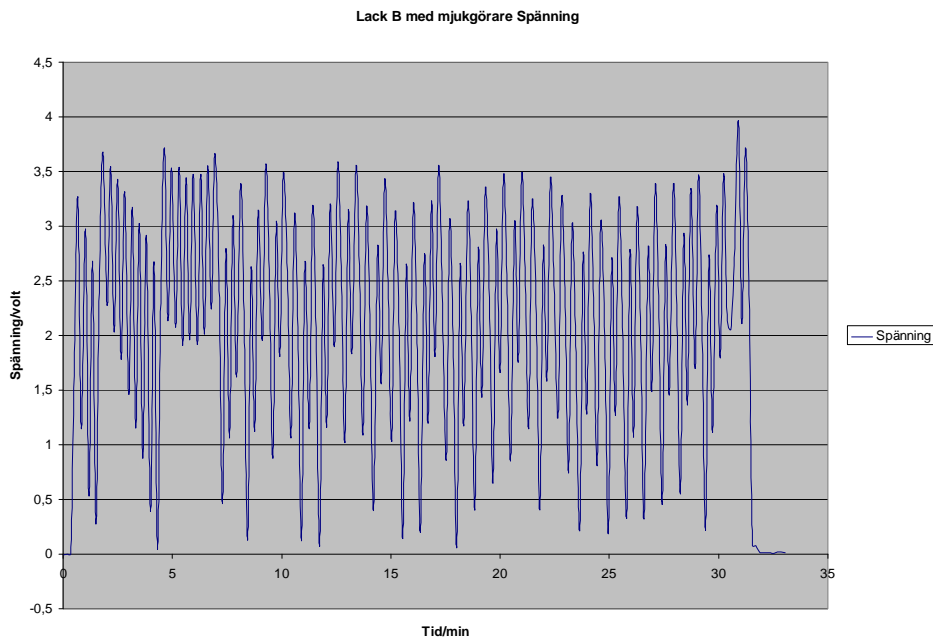


Bild 15. Diagram för spänningen vid flampunktsförsök med Lack B med mjukgörare.

Felkällor

Vid förflyttning mellan kylen och testbordet skvalpade vätskan ibland runt i gnistkammaren. Detta kunde ge upphov till att lacken torkade till en film på insidan av gnistkammaren, vilket gjorde att den nyss torkade filmen lättare antände.

Gnistkammarens ”täthet” det vill säga om den släpper ut ångor som avdunstar var också en källa till osäkerhet. Förmågan att hålla tätt påverkar jämviktsförhållandet, gradienten, som byggs upp i gnistkammaren. En bit av luckan var dessutom uppvikt för att kameran skulle få plats att filma. I en sluten burk uppnås efter en tid ett jämviktsläge där avdunstade ångor åter absorberas av vätskan. Om det inte finns ett lock avdunstar all vätska så småningom eftersom den är lättflyktig, se kapitel 3.2. *Ångtryck*. Med andra ord tar det längre tid att bygga upp en antändbar blandning av ånga och luft om locket inte är tätt än annars.

Vid kontroll om antändning inträffat eller inte användes en videokamera, vilken visade en bild var 1/25 sekund. Antändningsförloppen var ibland så snabba att det även var svårt att med hjälp av videokameran se om antändning hade skett. Det var därför av stor vikt att ha en mörk omgivning vid de experimentella försöken.

Mätutrustningen är ganska känslig och kan störas av spänningsaggregatet. Detta gav upphov till felaktiga värden på vissa ställen. I diagrammen kunde man dock se hur kurvan skulle se ut varvid ett värde som stämde bättre kunde interpoleras.

Kurvan visade att spänningsuppbyggnaden varierade en aning. Det bedöms inte inverka på resultatet eftersom spänningen genererar en gnista som gott och välmräcker för att antända en brännbar blandning av ångorna.

Det gjordes fler försök än de som visas här. Resultaten från dessa var så pass orimliga att de inte tagits med. Vid ett tillfälle antändes vätskat direkt vid en temperatur på strax över noll grader. Orsaken till detta var att lack hade skvalpat omkring i behållaren och torkats till en tunn film som lätt antändes.

Sammanfattning resultat och slutsats

Lack A	Lack B	Lack B + tillsats
Ca 5 % tillsats	Ingen tillsats	Ca 10% tillsats
13 °C	12 °C	14 °C

Även om det är förhållandevis få användbara resultat visar de att tillsatsen gör skillnad för flampunkten. Tillsatsen gör att flampunkten höjs. Torda Ink har tidigare bestämt flampunkten för lack A till 13 °C vilket kunde användas som indikering på att det genomförda testet var lyckat. När förhållandena vid och utförandet av testerna med de andra blandningarna bedömdes som lyckade antogs att resultaten kunde användas. Försöken i den här rapporten syftar till att påvisa en tendens. Fler försök behöver göras för att ge en noggrannare bild av hur mjukgöraren påverkar flampunkten.

5.2 Test av tendens till självantändning

Spill i fabriken torkas upp med absorbenttrasor som sedan förvaras i en plasttunna.

Nitrocellulosa som finns i lackerna och färgerna kan under vissa förhållanden självantända. Närmare beskrivning av självantändning finns i kapitel

3.3. *Självantändningsteori*. För att utreda självantändningsbenägenheten i färgindränkta trasor görs försök i Muffelugn. En muffelugn är en ugn där man kan värma olika prover till höga temperaturer. Det har tidigare gjorts försök på färger innehållande olika oljor som också har självantändningsbenägenhet.[1] Samma utrustning kommer att användas och resultaten kommer att jämföras med resultaten från de tidigare försöken.

Försöksuppställning och Utrustning

En bärare, i det här fallet en absorbenttrasa preparerades med färg och försågs med termoelement. Efter placeringen av termoelementen rullades bäraren ihop till en cylinder och placerades i en cylindrisk nätkorg av stål. Den cylinderformade nätkorgen hade höjden 6 cm och diametern 7,5 cm. Efter rullningen av bäraren hamnade termoelement 1 i centrum av cylindern och samtliga termoelementen befann sig på halva cylinderns höjd.

Nätkorgens syfte var att bibehålla bärarens cylindriska form utan att förhindra lufttillförsel till bäraren från omgivningen. För att efter försök kunna genomföra beräkningar skall nätkorgen vara en mindre version av realprovet i sammanhanget. Vid försöken skall nätkorgen vara fylld med testmaterial till full volym.[3]

Då bäraren placerats i nätkorgen var nätkorgen fylld till full volym. Nätkorgen placerades sedan i en cylindrisk aluminiumbehållare med höjden 6 cm och diametern 10 cm. Aluminiumbehållarens syfte var att uppsamla eventuellt spill från provet. Därefter placerades provet i muffelugnen. Ugnen har innermått (höjd, bredd, djup) 12 · 10 · 19,5 cm³. Då ugnsluckan stängdes påbörjades temperaturmätningen. Ugnsluckan var stängd under hela försöket för att bidra till en jämnare temperaturfördelning inuti ugnen. Termoelementen var kopplade till en dator där datorprogrammet Implog 2000 användes. Termoelementen mätte temperaturen i bäraren och i ugnen var femtonde sekund. Termoelement 8 fanns vid samtliga försök placerat i ugnens vänstra övre hörn, 2,5 cm från ugnens tak, 2 cm från vänstra väggen och 5 cm från bakre väggen. Termoelement 9 fanns vid samtliga försök placerat vid ugnens högra sida, 6,5 cm från ugnens golv, 1 cm från högra väggen och 4,5 cm från luckan. Placering av termoelementen i ugnen visas schematiskt i bild 16.

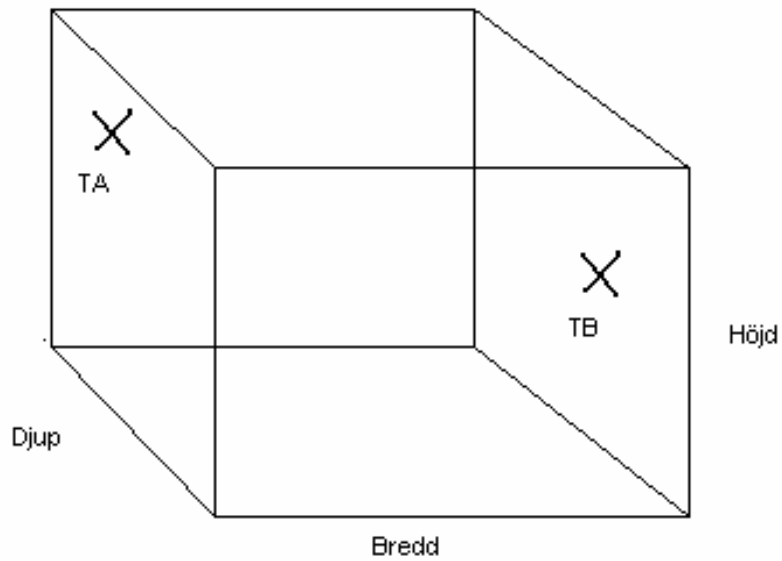


Bild 16. Schematisk bild av termoelementens placering i ugnen där TA och TB är termoelement 8 och 9 respektive.

Under försöket var ugnen placerad under ett större utsug, detta för att provet alstrar rök och lukt som läcker ut från ugnen. Försöksupställningen visas på bild 17.

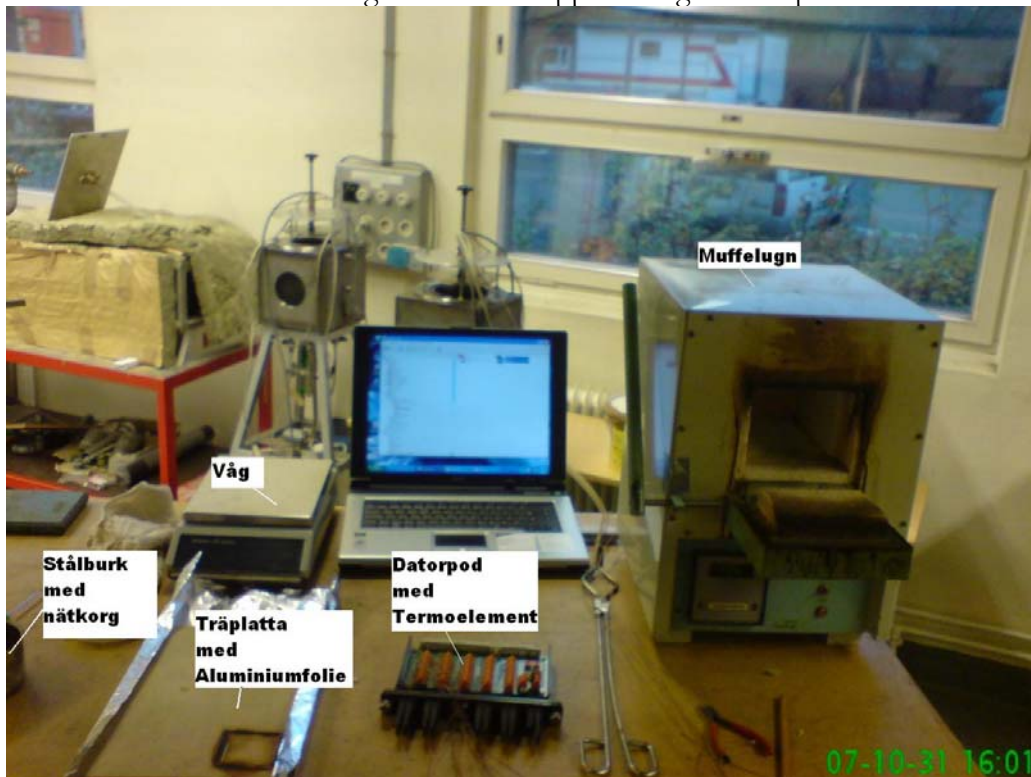


Bild 17. Försöksupställning för test av självantändning.

Utförande

Efter iklädnig av skyddsoverall, framplockning av råvaror samt start av datorprogram och muffelugn inleddes försöket. Bäraren vägdes och därefter indränktes den helt med provvätskan. Bäraren som i det här fallet var en bomullstrasa, kramades ur till dess att den slutliga vikten var 3,5 gånger ursprungsvikten. Bäraren var då fullständigt indränkt utan att provvätska droppade av.

Bäraren var under försöket placerad på en aluminiumfolieinklädd spånskiva vid vägningen. Aluminiumfoliens syfte var att förhindra spånskivan att absorbera provvätska.

Bäraren veks därefter först på mitten och veks ytterligare en gång på mitten. Först placerades sju termoelement i bäraren. Avståndet mellan termoelementen var cirka fem centimeter. Sedan rullas trasan ihop. En schematisk bild av hur detta går till visas i bild 18.

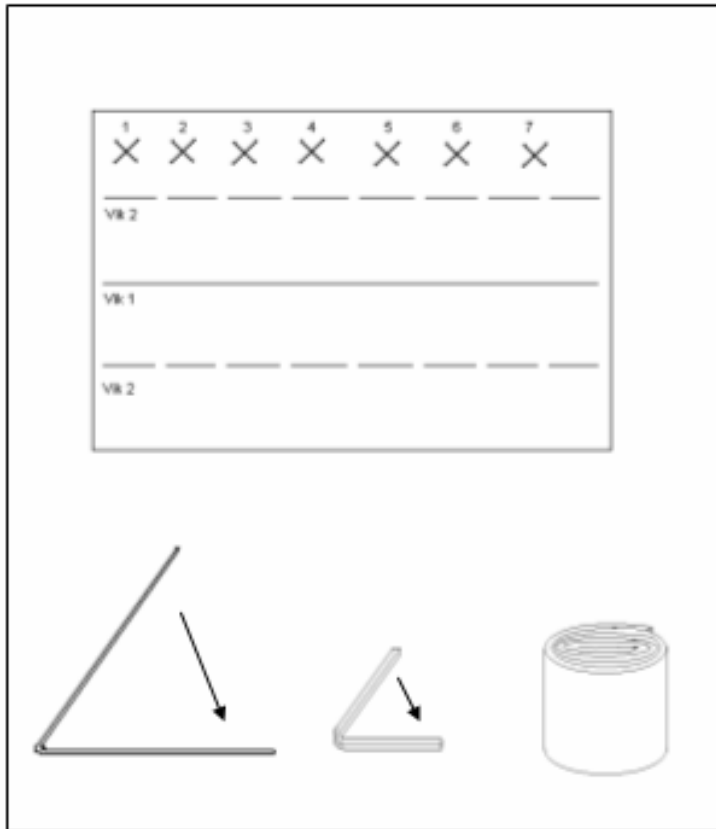


Bild 18. Schematisk bild över placering av termoelement och hur trasan viks och rullas.

Trasan placerades sedan i en muffelugn som var förvärmad till en bestämd temperatur. Temperaturstegringen kunde sedan följas, enligt modell tidigare beskriven i kapitel 3.3. *Modell för självuppvärmning*. Temperaturkurvan har tre zoner: uppvärmningszonen där provet värms upp till förvärmningstemperaturen, den konstanta zonen där

värmeförlusterna i provet håller provet på samma temperatur som ugnen och självantändningszonen där värmeutvecklingen i provet överstiger värmeförlusterna till omgivningen.

Trasorna testades i ugnen vid olika förvärmningstemperaturer. Trasor och en lämplig färg hämtades på Torda Ink AB. Färgen som användes var av generisk typ innehållande ungefär samma sammansättning av ingredienser som de lacker som användes i testerna för flampunkt.

10 termoelement kopplades till dator och två av dessa monterades i muffelugnen. Ett termoelement sattes att mäta rumstemperaturen som referens. Resterande termoelement rullades in i en färgindränkt trasa.

Tiden fram till självantändningszonen mättes och temperaturen registrerades. Skedde inte antändning startades försöket om på en ny förvärmningstemperatur. Ett försök betraktades som avslutat då temperaturen i provet stagnerat för att sedan minska, alternativt då provtiden överskridit en arbetsdag.

På det här viset kunde antändningstemperaturen ha itereras fram. Att iterera fram antändningstemperaturen kan ta ganska lång tid varför endast ett antal kurvor togs fram för att jämföra värmeutvecklingstendenserna med data från försöken med olika oljor.[1]

Skyddsåtgärder

Experimentet kunde ta upp till en hel dag per körning och måste observeras hela tiden för att inga olyckor skulle ske vid antändning av trasan.

- Ett kar med vatten användes till att doppa brinnande prov i.
- Brandsläckare fanns på plats.
- Skyddshandskar användes vid hantering av varmt prov.
- Skyddsglasögon användes för skydd mot stänk.
- Ugnen var placerad under huv då det kommer brandgaser ur ugnen vid försök.

Resultat från försök med självantändning

Första testet gjordes med trasa i ugnen förinställd på 100 °C. Temperaturen i trasan steg ytterst långsamt. Efter flera timmar hade trasan inte visat några tendenser till autouppvärmning. På bild 19 ser man att det inte finns någon självantändningszon. Se kapitel 3.3. *Modell för självuppvärmning*. Provet stagnerade och försöket avbröts.

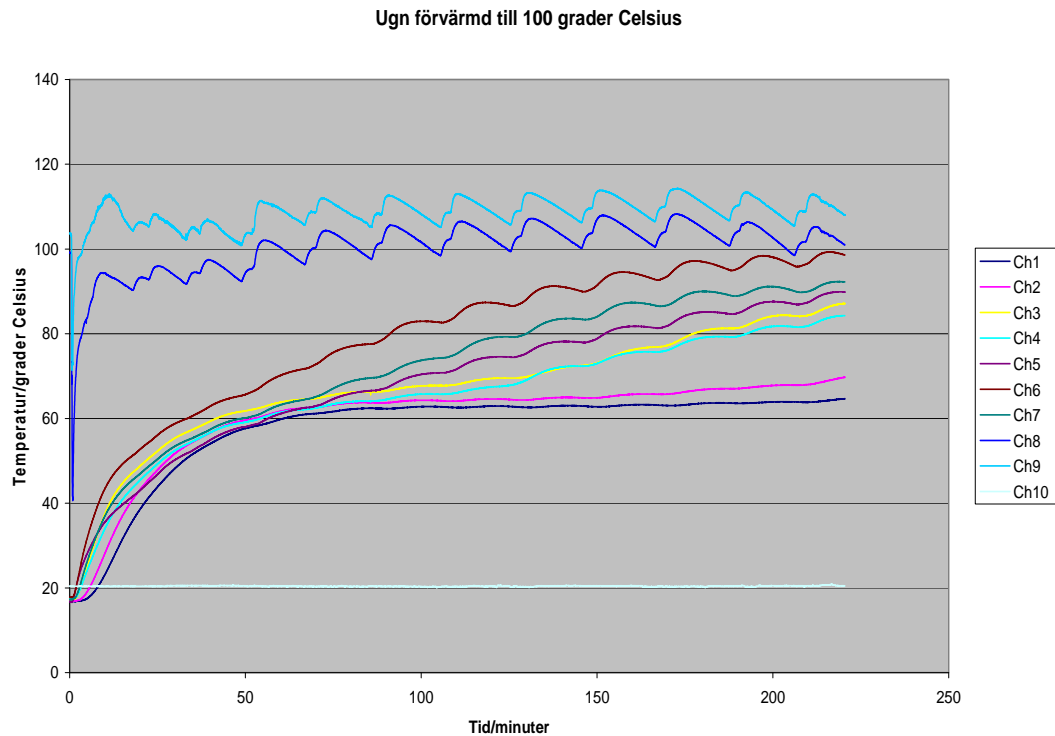


Bild 19. Temperaturdiagram för test med förvärmning till 100 °C. Ch1-7 är termoelementen inne i trasan. Ch8 och Ch9 visar ugnstemperaturen. Ch10 visar lufttemperaturen.

Vid test nummer två förinställdes ugnen på 150 °C. Temperaturen tycktes stiga långsamt inne i trasan även vid denna högre temperatur. Temperaturen närmade sig dock till slut förinställnings temperaturen och efter en tid började temperaturen i trasan överskrida ugnstemperaturen varpå trasan började pyrolyseras. Detta visar tydligt att färgen alltså har en tendens att självantända. I bild 20 visar diagrammet en tydlig självantändningszon. Se kapitel 3.3. *Modell för självuppvärmning*, angående hur man tolkar temperaturdiagrammet.

Ugn förvärmad till 150 grader Celsius

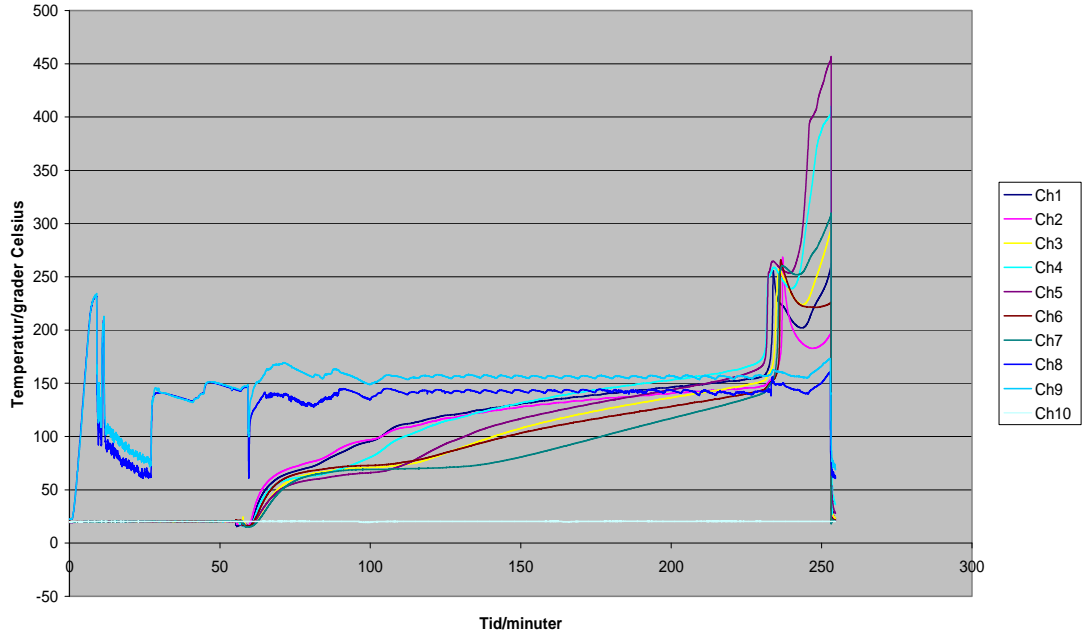


Bild 20. Temperaturdiagram för test med förvärmning till 150 °C. Kanalerna är samma som försöket innan.

Ett tredje test med ugnen förinställd på 125 °C fick gå i flera timmar utan tendens till självantändning. Diagrammet i bild 21 visar hur provet stagnerar.

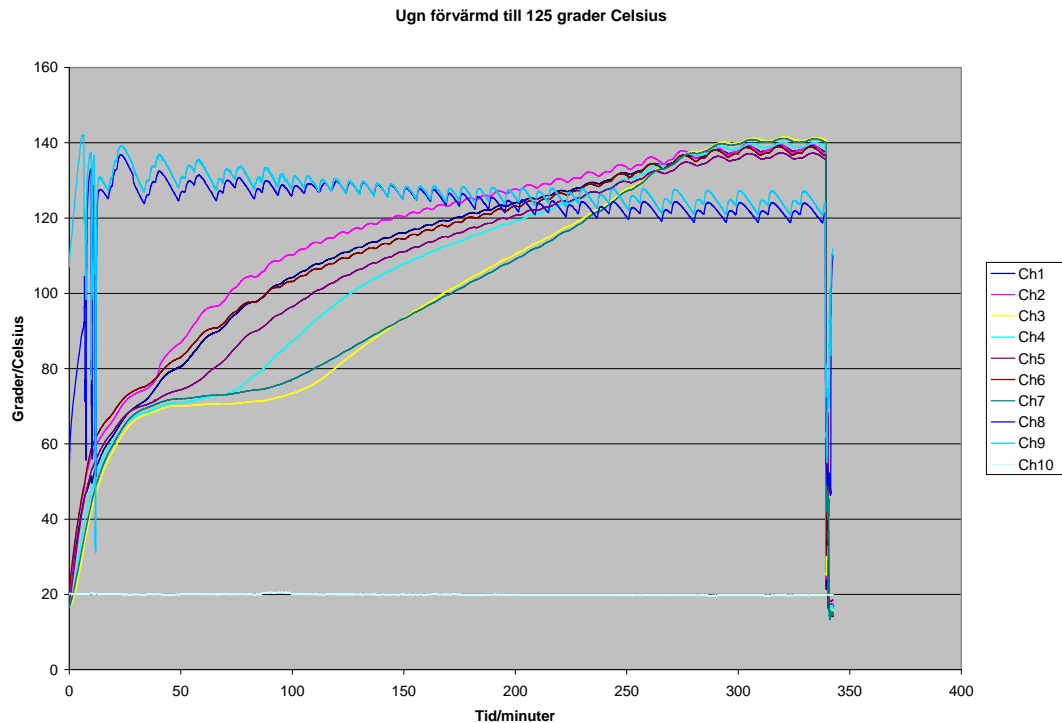


Bild 21. Temperaturdiagram för test med förvärmning till 125 °C. Kanalerna är samma som försöket innan.

Felkällor

Bärarnas vikt varierar och därmed mängden påford provvätska, dock hölls proportionen bärare och provvätska konstant.

Då bäraren viks och rullas manuellt för att sedan placeras i en nätkorg med given volym kan packningsgraden ha varit olika vid försöken.

Värmetransporten genom bäraren kan ha varierat om fördelningen av provvätska i bäraren inte blev exakt lika vid de olika försöken.

Eftersom det användes begagnade bärare, dock rentvättade, kan variationen av storlek, vikt och slitgrad ha varit större än för nyttillverkade och oanvända bärare. Viss osäkerhet fanns beträffande bäraren då dess inverkan ej är klarlagd.

Att vid försök i muffelugn bibehålla isoterma förhållanden var svårt. Då provkroppen utvecklar värme, genom oxidationsreaktion, värms omgivningsluften i muffelugnen upp och temperaturen stiger över den bestämda förvärmningstemperaturen. Ett test gjordes för att ta reda på hur ugnen kunde förinställas på önskat antal °C. Det visade sig lite krångligt att få ugnen att ställa in sig på önskad temperatur. Den sköt först upp över 200

°C och fick låtas svalna innan värmen åter slogs på. Efter lite kalibrerande lyckades det att få temperaturen i medeltal till 100 °C.

Det fanns ett visst läckage vid ugnsluckan som bidrog till en temperaturgradient i ugnen, vilket gav upphov till att termoelement 8 och 9 visade olika temperaturer för luften inne i ugnen.

Läckaget kan även ha påverkat lufttillförseln vilket kunde antingen ha bidragit till värmeförluster från provet och försvåra självantändning eller så skapade det mer syretillförsel till reaktionerna i provet vilket kan underlätta antändning. Det är svårt att avgöra vilket som inverkar mest.

Sammanfattning resultat och slutsats

100 °C	125 °C	150 °C
Ingen antändning	Ingen antändning	Självantändning
Provtid hel dag (8 h)	Provtid hel dag (8 h)	Provtid 250 min

Resultaten ovan kan jämföras med de resultat som man fick vid test av oljebaserad tryckfärg där samtliga försök med förvärmningstemperatur lägre än 90 °C gav självantändning.[1] Slutsatsen av detta är att trasorna visar tendens till självantändning men den är betydligt lägre än tendensen för självantändning i trasor indränkta i oljebaserad färg. För noggrannare mätning av antändningstemperaturen behöver fler försök göras eller andra metoder användas.

5.3 Släcktest på nitrocellulosa

Inledning

I säkerhetsinformationen till nitrocellulosa står instruktioner om vilka släckmedel som bör användas ifall den skulle antända.[32] Det rekommenderas att använda endast vatten att släcka med. Skum och CO₂ är inte lämpligt eftersom de hindrar tillgången till tillräckligt syre, vilket kan leda till produktion av nitrösa gaser vilka är ytterst giftiga.

Personal på Torda Ink AB har gjort släckförsök med vatten på nitrocellulosa. När nitrocellulosa tändes brand det med en tämligen beskedlig låga, när vatten sprutades på flammade nitrocellulosa upp. Detta gjorde att man ville ha pulversläckare där nitrocellulosa hanterades inne i fabriken.

Frågan uppstod varför den brinnande nitrocellulosa uppförde sig på det här viset då vatten tillfördes. Det var också av intresse att se hur pulver fungerade på en nitrocellulosabrand.

Försök upprättades i brandlabbet i Revinge där släcktest utfördes med handbrandsläckare samt sprinkler.

Utrustning

Ungefär 5 kg nitrocellulosa användes totalt till försöket. Handbrandsläckare av olika typ testades på nitrocellulosa, (vatten, skum, pulver, CO₂). Pulversläckaren var av övningstyp och hade därför inget återantändningsskydd. Fat att lägga upp ”krutet” på fanns till hands. En digital videokamera användes för att dokumentera testerna. Till skydd mot gaser användes ett utsug med fläkt och vid testet med CO₂ användes gasmask.

Försöksuppställning

Nitrocellulosa placerades på fat i mitten av rummet under fläkten. Spannen med nitrocellulosa och handbrandsläckarna placerades i ett hörn. Videokameran placerades på stativ utanför försöksrummet som har ett stort glasfönster för att tillåta observation.

Utförande

1 kg Nitrocellulosa hölls upp på ett fat och tändes. Branden fick utvecklas så att flammorna täckte största delen av högen med nitrocellulosa. Därefter släcktes med handbrandsläckarna i tur och ordning. Efter varje släckning lades ny nitrocellulosa fram och antändes. Sist eldades resterande nitrocellulosa och släcktes med sprinkler. Testet filmades för demonstration för övriga anställda på Torda och andra intresserade.

Skyddsåtgärder

För att minska risken för inandning av nitrösa gaser gjordes försöket under en fläkt. När nitrocellulosa släcktes med CO₂ användes även gasmask då risken att nitrösa gaser

uppstår är högre då CO₂ används. Skumhandbrandsläckare lägger inte ut ett lager bubblor så som man normalt förknippar med skum utan sprutar snarare ut skumvätska som har liknande egenskaper som vatten bara med lägre ytspänning. Detta gör att det dränerar bättre i materialet som skall släckas. Syrebristen som det varnas emot vid skum sker alltså inte här varför gasmask inte bedömdes nödvändig när skumhandbrandsläckaren användes.

Om utrymning skulle vara nödvändig fanns en nödutgång ut till det fria. Denna var att föredra framför dörren mitt emot som leder in i byggnaden. Detta för att rök annars kan sprida sig i lokalerna.

Släckningen med handbrandsläckare inleddes på avstånd vartefter framflyttning kunde ske. Att stå för nära vid släckning medför risk för brännskador ifall det skulle stänka eller flamma upp.

Resultat från släcktest

- Test nummer ett utfördes med vattenhandbrandsläckare. Branden släcktes snabbt och utan problem.
- Test nummer två utfördes med skumhandbrandsläckare och resultatet var likadant här.
- Test nummer tre däremot, som utfördes med pulverhandbrandsläckare, visade ett annat resultat. Själva nedslagningen av branden var effektiv men efter en liten stund flammade nitrocellulosan upp igen.
- Test nummer fyra utfördes med CO₂ med gott resultat om än något långsammare släckning än vid de övriga försöken.
- Test nummer fem: Då nitrocellulosan antänts och branden tillväxt sattes sprinklerna i taket på. Branden slogs ned snabbt, det tog lite längre tid än med vattenfylld handbrandsläckare. Däremot fanns det ingen som helst möjlighet till återantändning.

Felkällor

Testet utfördes med en begränsad mängd nitrocellulosa. Det är möjligt att kombinationen av mer bränsle och ett då i jämförelse mindre flöde av släckmedel i förhållande till brandbelastningen ger andra effekter än det detta test visade.

På Torda eldades nitrocellulosan i en tunna, det kan ha påverkat värmeavgivningen. Tunnan påverkade också hur släckmedlet träffade bränslet.

6 Hantering av nitrocellulosa i fabrik på Torda Ink

Nitrocellulosa hämtas i den dagliga verksamheten från lagret ute på gården och används i produktionen inne i fabriken. Nitrocellulosa satsas sedan i stora satser på tredje våningen och i mindre satser på andra våningen. Hanteringen av nitrocellulosa kommer i de följande avsnitten beskrivas så som den bedrivs i dag.

6.1 Stora satser

Nitrocellulosa hämtas av truckförare till lastkajen. Tunnorna tas upp till tredje våningen av blandaren där de öppnas och tippas i. Efter satsning tas tunnorna åter ner och kastas i container.

Vid stora satser blandas nitrocellulosa i stora blandaren från tredje våningen. Olika andelar etylacetat och etanol tillsätts beroende på vilken lack som ska blandas. Pga. en tidigare felmixning så har ingredienser kletat fast på sidan av inloppet därför måste en del etanol sparas till sist för att skölja rent från nitrocellulosa som annars fastnar. Detta utgör ett problem då etanolen inte pumpas i avsedd infattning och därför inte är jordad.

Ytterligare en risk uppstår om man dumpar i nitrocellulosa först och sen har i etanol och etylacetat. Detta leder till att satsen knyter sig och bildar en klump av mestadels olöst nitrocellulosa som är mer lättantändligt då än när det är löst i sprit. För att undvika detta hålls en del av etanolen i blandaren först därefter satsas nitrocellulosan.

Efter satsning måste resterande nitrocellulosa sopas ifrån golvet så att det inte ligger kvar. Hänsyn måste tas för att inte sopa med skräp ner i blandaren.

6.2 Små satser

Små satser tillverkas i mindre blandare, som kallas för Silversson, vari nitrocellulosa satsas ur en tunna, på andra våningen. Med nuvarande produktion står tunnan högst några dagar innan en ny måste tas upp vilket strider mot SÄIFS regler gällande hantering av nitrocellulosa och går helt emot Torda Ink's policy.[25]

Nitrocellulosa skopas eller hålls i blandkaret beroende på hur stor satsen är. Det finns en lyftanordning till hjälp när man ska hålla direkt ur tunnan som kan väga upp till 110 kg. Det spill som kan förekomma sopas upp och hålls i en plastpåse.

Värme alstras i blandaren och risken finns att det blir för varmt. Till den största blandaren finns en timer som stänger av maskinen automatiskt. Personalen som blandar har uppsikt över processen så att blandningen inte pågår för länge.

7 Hantering av nitrocellulosa i lager

7.1 Gamla lagret

Det gamla lagret, på bild 22 nedan, står som tidigare nämnts nära förrådstältet på gården. Det är uppdelat i två rum och kan precis hålla de 20 ton nitrocellulosa som tillståndet medger. Härifrån tas nitrocellulosa till fabriken för satsning. I den riskvärdering som gjordes 2002 [2] anmärkte man på att lagret dels stod för nära fabriksbyggnaden och dessutom är en propantank placerad alldeles i närheten. I och med detta krävdes att ett nytt nitrocellulosa-förråd enligt reglerna i SÄIFS 1989:5. [25]



Bild 22. Det gamla nitrocellulosaförrådet.

7.2 Nya lagret

Den 16 oktober 2007 gjordes slutbesiktningen [18] av det nya nitrocellulosaförrådet. De flesta ansvariga entreprenörer och konsulter närvarade vid besiktningen. Det kunde konstateras att byggnaden behövde kompletteras på åtskilliga punkter innan den kunde tas i bruk.

- Ventilationen var inte monterad och material in och utvändigt behövde städas bort.
- Svetsade fästen till portar var inte rengjorda och rostskyddsmålade.
- Dörrstängare med uppställning saknades.
- Kompriband saknades i wellerna (tätning i korrugeringarna).

- Tätning kring sprinklerrör saknas invändigt och utvändigt.
- Påkörningsskydd saknas invändigt och utvändigt.
- Okulärt visade asfaltsytorna bredvid och bakom förrådet ett visst bakfall som måste åtgärdas så att eventuellt spill rinner till brunnarna.

Det beslutades att dessa brister skulle åtgärdas och att ny besiktning ej var nödvändig. Det uppstod ytterligare synpunkter med hänsyn till brandsäkerhet och dessa bekräftades senare vid brandbesiktningen.[9]

- Den brandtekniska bedömningen för stålstommen är gjord efter standardbrandkurvan och frågan är om den är tillämplig då nitrocellulosa brinner.
- Sprinkler var fästa i takplåt och bedömdes inte klara brand i 60 minuter.
- Väggar uppfyller inte klass EI60.
- Dörrarna var inte märkta med brandklass EI60.
- Det stod brandfarliga vätskor nära förrådet ute på gårdsplanen.
- Skyltar för nödutgång saknades.
- Genombrytningar i väggar var inte utförda i samma klass som byggnadsdelen.
- Varningsanslag saknades.

Rekommendationen från brandkonsulten var att antingen åtgärda bristerna så att utförandet överensstämmer med det godkända förslaget eller att skicka en beskrivning av det nuvarande utförandet till räddningstjänsten och räddningsverket för synpunkter.

I skrivande stund är arbetet med att åtgärda även de brandtekniska bristerna i full gång. På bild 23 nedan syns det nya nitrocellulosaförrådet. De tankar med kemikalier som syns på bilden ska flyttas från gården närmast förrådet. Den andra delen av bilden visar påkörningsskyddet som uppförts på utsidan av förrådet.



Bild 23. Det nya nitroförrådet.

8 Riskanalys

8.1 Inledning

Här följer en sammanställning av de risker med avseende på nitrocellulosahantering med tillhörande konsekvenser som finns på Torda Ink. Sammanställningen av riskerna är i form av en what-if analys. What-if metoden eller vad händer om metoden är en analys av de konsekvenser som avvikelser från normalläget kan medföra. Analysen utgår ifrån frågor indelade efter förekommande risker som till exempel avbrottsrisker, risker för personal och miljö eller i det här fallet brandrisker. What-if metoden inriktar sig på att finna potentiella skadehändelser, med utgångspunkt från mindre dramatiska avvikelser eller störningar.[16]

What-if är en i första hand kvalitativ metod och syftar till att ge beskrivningar av händelser under olika förutsättningar. De mått som används för att bedöma risknivån är oftast ordinala, det vill säga en kvalitativ rangordning av typen stor, liten etc.

Riskmatriser kan sedan användas för att överblicka riskerna. De kan vara både kvalitativa och kvantitativa. Kvantitativa metoder baserar sig på strikt numerär riskframställning. I riskmatrisen sätts olika händelser in där ena axeln visar den tänkbara frekvensen av händelsen och den andra axeln visar konsekvensernas omfattning. En semi-kvantitativ metodik ger en noggrannare behandling av händelserna än en rent kvalitativ. Den innehåller till viss del numeriska mått på sannolikheter och konsekvenser för en oönskad händelse. Måtten behöver inte vara exakta utan kan beteckna en storleksordning för att kunna rangordna och jämföra olika alternativ förenade med olika risker.[28]

I den här riskanalysen har ett semi-kvantitativt tillvägagångssätt använts. Bedömningar av sannolikheter och konsekvenser har gjorts genom att riskanalysen från 2002 har studerats. Sedan har samtal med personal på Torda Ink och observation av hanteringen av nitrocellulosa i lager och produktion vägts in. Samtalen med personalen gav en uppfattning av hur många och vilka typer av olyckor som tidigare skett. På Torda har det skett relativt få olyckor. Observationer av hanteringen har givit en känsla för säkerhetstänkandet på Torda och hur de rutiner som finns fungerar. Kapitel 6 och 7 behandlar hanteringen av nitrocellulosa på Torda. Dessutom har tidigare olyckor studerats för att få en uppfattning om vilka konsekvenser olyckor med nitrocellulosa faktiskt ger upphov till. Några av dessa olyckor presenteras i kapitel 4. Av de försök som utförts är det egentligen bara självantändningsförsöket som använts som underlag för riskanalysen (se kapitel 4.3). Utifrån ovanstående har även de scenarier som tas upp i what-if analysen valts.

8.2 Klassificering

För klassificering av konsekvenser och sannolikheter i den genomförda what-if analysen har en femgradig skala använts.[8] Acceptabel risk är summan av sannolikheten och konsekvenserna för liv, miljö och egendom. Risken anses acceptabel om den understiger värdet 7.[9]

Konsekvenser för människors liv och hälsa (L)

Klass	Beskrivning-karaktär
1 Små	övergående besvär/lindriga skador
2 Lindriga	enstaka skadade/allvarliga skador
3 Stora	enstaka svårt skadade/svåra skador
4 Mycket stora	enstaka dödsfall/flera svårt skadade
5 Katastrofala	flera dödsfall/ett tiotal svårt skadade

Konsekvenser för miljö (M)

Klass	Sanering-utbredning
1 Små	ingen sanering/liten utbredning
2 Lindriga	enkel sanering/liten utbredning
3 Betydande/stora	enkel sanering/stor utbredning
4 Mycket stora	omfattande och svår sanering/stor utbredning
5 Katastrofala	mycket omfattande och svår sanering/stor utbredning

Konsekvenser för egendom (E)

Klass	Total skadekostnad (i miljoner SEK)
1 Av mindre betydelse	<0,1
2 Lindriga	0,1 – 1,0
3 Betydande	1,1 – 5,0
4 Mycket omfattande	5,1 – 20,0
5 Katastrofala	>20,0

Sannolikhet för skadehändelse (S)

Klass	Frekvens
1 Liten	mindre än en gång per 1000 år
2	1 gång per 100-1000 år
3 Sannolik	1 gång per 10-100 år
4	1 gång per 1-10 år
5 Mycket sannolik	mer än 1 gång per år

8.3 What-if analys

I what-if analysen har klassificeringarna från föregående kapitel använts. Under kolumn K visas konsekvensens klassificeringarna och under kolumn S visas sannolikheten. Sist visas rekommendationer, förkortat Rek.

Skadehändelse	Orsak	Konsekvens	Befintligt skydd	K	S	Rek.
S1. Varmkörning av silversson	Maskinen får stå på för länge p.g.a den glöms eller om timern inte fungerar	brand i vätskan bränn-skador förstörd egendom	Timer-stopp och sprinkler	L3 M1 E4	1 1 1	Timer-stopp till alla rivare
S2. Varmkörning av stora blandaren för nitrocellulosa	Timer fungerar inte	Okontrollerbar värmeökning av innehållet i kärlet och i värsta fall antändning	Timer-stopp och sprinkler	L3 M1 E4	1 1 1	Regelbunden koll av timer-stopp. Installera temperaturlarm
S3. Självanvändning av nitrocellulosa i produktionen	Kvarglömd tunna	Explosion och antändning av andra brandfarliga varor brännskador skador av fallande bråte o.dyl. förstörd egendom	Rutin att alltid ta ut tunnan till lagret vid dagens slut sprinkler	L3 M1 E4	2 2 2	Se till att rutinen följs Anpassa emballagestorlek till satsstorlek
S4. Antändning av spilld nitrocellulosa-lack	gnista antänder	Brand i produktionen brännskador förstörd utrustning	Spill torkas upp men kanske inte så noga som det behövs	L3 M1 E4	1 1 1	Rutin att torka upp lack med sprit omgående Gnistfria verktyg

Skadehändelse	Orsak	Konsekvens	Befintligt skydd	K	S	Rek.
S5. Självtändning av färgtrasor i förvaring i produktionen	Tunnan med trasor har inte tömts och fått stå för länge Ämnen som kan påskynda självuppvärmning läggs i tunnan	utveckling av nitrösa gaser brand i produktionen brännskador förstörd utrustning	separat hantering av sopor och spill rutin för tömning vid veckoslut	L3 M2 E4	1 1 1	Rutin för tömning varje dag. Temperaturlarm. Rök-varnare. Förvaring i plåt-kontainer.
S6. Antändning av nitrocellulosa vid satsning på tredje våningen	Gnista från statisk elektricitet	damm-explosion antändning av annan brandfarlig vara förstörd utrustning raserade väggar brännskador skador av fallande bråte	Jordat inlopp för sprit. Säkerhetsstopp som hindrar att nitrocellulosa satsas innan sprit	L3 M2 E4	2 2 2	Bort-tagning av klet som gör att det behöver spolas längre tid än annars utan jordning Inertering med kväve
S7. Antändning av nitrocellulosa vid satsning på andra våningen	Statisk elektricitet	brand i vätskan bränn-skador förstörd egendom	Jording	L3 M1 E4	1 1 1	Rutinmässig koll av jordanordningen
S8. Brand i nitrocellulosaförrådet	Självtändning	Rök och brandskador Nedsmutsning förorening Förstörd utrustning byggnadsskador	Sprinkler	L3 M4 E4	1 1 1	Rutiner för lagerhållning

8.4 Riskvärdering

För att åskådliggöra riskbilden används med fördel riskmatriser. De olika scenarierna i what-if analysen är numrerade från S1 till S7. konsekvens klassificeringarna för varje scenario förs in i rutan motsvarande storleken för konsekvens och storleken för sannolikheten för denna. I riskmatriserna nedan är området där risktalet är högt, rött och där bör åtgärder vidtas omgående. Gränserna är inte absoluta utan endast riktmärken. Det gula området innebär att åtgärder bör analyseras för beslut och händelser inom det gröna området åtgärdas eventuellt.

Riskmatris för samtliga konsekvenser; Liv, miljö och egendom.

Sannolikhet	1	2	3	4	5
> 1 gång per år					
1 gång per 1 - 10 år					
1 gång per 10 - 100 år					
1 gång per 100 - 1000 år	S3 M	S6 M	S3 L; S6 L	S3 E; S6 E	
< 1 gång per 1000	S1 M; S2 M; S4 M; S7 M	S5 M	S1 L; S2 L; S4 L; S5 L; S7 L; S8 L	S1 E; S2 E; S4 E; S5 E; S7 E; S8 M; S8 E	
Konsekvens på Liv	Övergående lindriga skador	Enstaka skadade, varaktiga obehag	Enstaka svårt skadade, svåra obehag	Enstaka döda eller svårt skadade	Några döda eller svårt skadade
Konsekvens på Miljö	Ingen sanering, liten utbredning	Enkel sanering, liten utbredning	Enkel sanering, stor utbredning	Svår sanering, liten utbredning	Svår sanering, stor utbredning
Konsekvens på Egendom	< 0,1 milj kr	0,1- 1 milj kr	1-5 milj kr	5-20 milj kr	> 20 milj kr

Bild 24. Riskmatris.

Enligt ovanstående matris, i bild 24, bör åtgärder analyseras för samtliga händelser i riskbilden men i synnerhet självantändning av nitrocellulosa i produktionen och antändning av nitrocellulosa vid satsning på tredje våningen.

Analysen visar också att riskbilden för liv, miljö och egendom skiljer sig mycket sinsemellan. En uppdelning av konsekvenserna i olika matriser illustrerar detta i bilderna 31, 32 och 33.

Riskmatris för konsekvensen liv.

Sannolikhet	1	2	3	4	5	
> 1 gång per år						5
1 gång per 1 - 10 år						4
1 gång per 10 - 100 år						3
1 gång per 100 - 1000 år			S3 L; S6 L			2
< 1 gång per 1000			S1 L; S2 L; S4 L; S5 L; S7 L; S8 L			1
Konsekvens på Liv	Övergående lindriga skador	Enstaka skadade, varaktiga obehag	Enstaka svårt skadade, svåra obehag	Enstaka döda eller svårt skadade	Några döda eller svårt skadade	

Bild 25. Riskmatris liv.

Riskmatrisen i bild 25 ovan visar endast risken med avseende på liv. Händelserna ligger här i det gröna området. Det ligger dock på gränsen till det gula området i vilket åtgärder bör analyseras för beslut. Eftersom riskmåttan inte är exakta utan bedömningar som mycket väl kan vara för låga och gränserna i matrisen inte är absoluta bör gränsfall av den här typen undersökas närmare. Det skall inte automatiskt ses som att verksamheten inte behöver ytterligare säkerhetsåtgärder.

Riskmatris för konsekvensen miljö.

Sannolikhet	1	2	3	4	5	
> 1 gång per år						5
1 gång per 1 - 10 år						4
1 gång per 10 - 100 år						3
1 gång per 100 - 1000 år	S3 M	S6 M				2
< 1 gång per 1000	S1 M; S2 M; S4 M; S7 M	S5 M		S8 M		1
Konsekvens på Miljö	Ingen sanering, liten utbredning	Enkel sanering, liten utbredning	Enkel sanering, stor utbredning	Svår sanering, liten utbredning	Svår sanering, stor utbredning	

Bild 26. Riskmatris miljö.

Riskmatrisen i bild 26 visar här att miljöriskerna i samband med hantering av nitrocellulosa överlag är små. För brand i nitrocellulosaförrådet (S8) bör däremot riskerna analyseras för beslut. I och med argumenten kring riskbilden bilden för liv och hälsa i kommentarerna till bild 31 bör eventuellt åtgärder mot riskerna kring antändning av nitrocellulosa vid satsning på tredje våningen (S6) analyseras även ur miljösynpunkt.

Riskmatris för konsekvensen egendom.

Sannolikhet	1	2	3	4	5	
> 1 gång per år						5
1 gång per 1 - 10 år						4
1 gång per 10 - 100 år						3
1 gång per 100 - 1000 år				S3 E; S6 E		2
< 1 gång per 1000				S1 E; S2 E; S4 E; S5 E; S7 E; S8 E		1
Konsekvens på Egendom	< 0,1 milj kr	0,1- 1 milj kr	1-5 milj kr	5-20 milj kr	> 20 milj kr	

Bild 27. Riskmatris egendom.

I bild 27 visar riskmatrisen att med avseende på egendom bör åtgärder analyseras för att förebygga risk vid hantering av nitrocellulosa i samtliga av de valda scenarierna.

Sammanfattningsvis visar de separata riskmatriserna ovan att det blir störst konsekvenser på egendom och minst konsekvenser för miljön med undantag för brand i nitrocellulosaförrådet där konsekvenserna för miljön är stora. Där emellan finner vi konsekvenserna för liv och hälsa.

Ytterligare diskussion kring riskbild och riskförebyggande åtgärder följer i kapitel 9.

9 Rutiner för lagerhållning i nya lagret

Eftersom tunnorna i lagret inte får stå längre än två till tre veckor innan det uppstår risk för att nitrocellulosan torrläggs behövs ett system som tillser att de äldsta tunnorna används först.

Systemet får inte vara för krångligt då det i så fall inte kommer att efterlevas.

Intervjuer med dem som jobbar med nitrocellulosan samt eget arbete i produktionen har utgjort en viktig del i att ta fram underlag till rutiner för hanteringen av nitrocellulosan i det nya lagret. Studier av dokumentation över inleveranser och lagertransaktioner har givit stöd för bedömning av när och om det kan förväntas att överlastning av förrådet sker och om det kan finnas risk att tunnor står för länge och måste flyttas och vändas. Målet är att omsättningen av nitrocellulosan i lagret ska vara så pass att vändning av tunnor inte ska vara nödvändig.

Uppskattningar av omsättningen från dem som arbetar med nitrocellulosan och de som sköter beställning och ordergång har jämförts med lagertransaktioner vägt mot inleveranser. Detta visar att omsättning är ganska jämn under året men julhelgen utgör en flaskhals för nitrocellulosa-hanteringen.

De gånger produktionen av någon anledning stått still har det också skapats problem med lagerhållningen. Vid dessa tillfällen kan det komma in en sändning nitrocellulosa innan man har hunnit göra av med det som redan finns i lagret.

Tiden mellan beställning och leverans av nitrocellulosa är ca en månad. Nitrocellulosa levereras i lådor om ca 50 kg eller tunnor med allt emellan 70 kg och 200 kg per tunna. De flesta tunnor ligger runt 100 kg. Åtgången från dag till dag varierar mellan 8-24 tunnor nitrocellulosa, det vill säga mellan 800 och 2400 kg. Inleveranser sker om i genomsnitt 25 pallar varannan vecka, vilket motsvarar ungefär hälften av de 20 ton som tillståndet tillåter. Det motsvarar också nästan halva lagerkapaciteten. Lagret kan hålla 64 pallar med 4 tunnor nitrocellulosa på varje pall. Detta motsvarar i medeltal 25 ton. Byggnaden är utformad med två öppningar till ett stort utrymme med måtten 10 x 6 m Se bild 28.

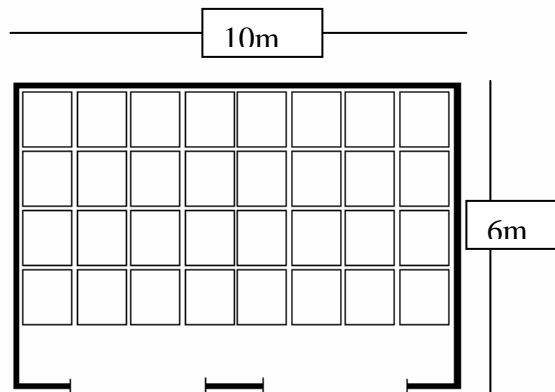


Bild 28. Schematisk skiss av nya nitro-förrådet.

Eftersom inleveranser sker löpande finns oftast pallar med nitrocellulosa kvar i förrådet när det kommer nytt. Ett förslag för att underlätta lagerhållningen är att inlastning av ny sändning sker från ena sidan och uttag av nitrocellulosa till produktion sker från andra sidan. Se bild 29 nedan.

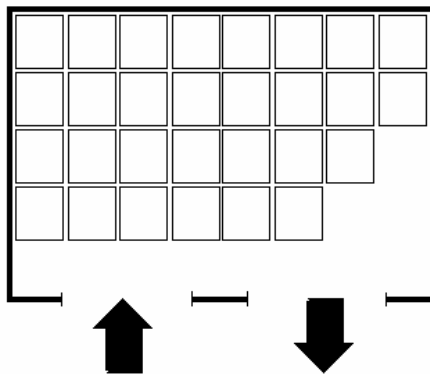


Bild 29. Schematisk skiss av nitrocellulosa-lager där pilarna markerar inlastning respektive utlastning.

På det sättet blir utrymmet genom omsättning vid produktion på ena sidan tills nästa leverans. Nu byter man håll på insättning och uttag enligt bild 30.

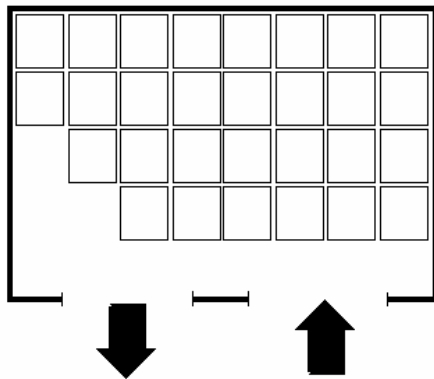


Bild 30. Skiss över insättning och uttag då man vid ny leverans byter håll.

Det kan ju hända att alla pallar på ena sidan inte gått åt innan nästa sändning. Dessa ska då märkas för att vara säkra på att det är dessa som tas ut först. Detta illustreras nedan på bild 31.

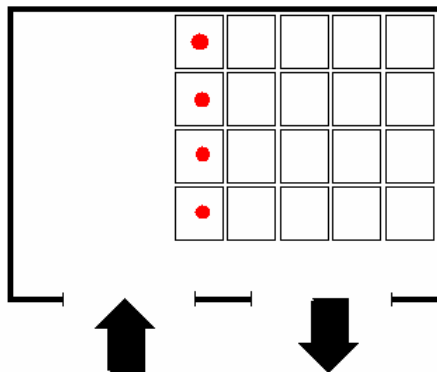


Bild 31. Skiss som visar hur de pallar som stått längst i lagret kan märkas.

Detta bör minimera risken för att tunnor ska stå för länge eller att det måste möbleras om allt för ofta för att hitta de äldsta tunnorna.

Ett annat förslag är att varje rad tilldelas en vecka som bild 32 nedan visar.

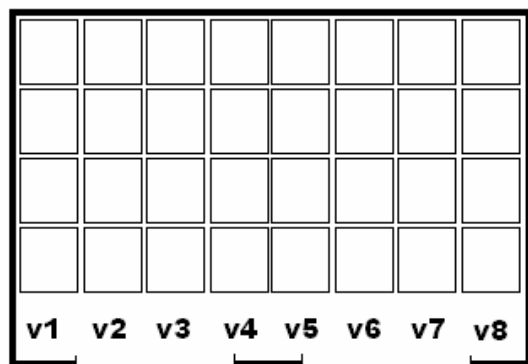


Bild 32. Varje rad i lagret tilldelas en vecka.

Tanken med den här modellen är att man ska kunna hålla isär olika order. Vartefter som nitrocellulosa används tilldelas de rader som blir fria nya veckor där nya leveranser kan ställas. Uttag från lagret sker sedan i raden med den äldsta veckan. Detta illustreras av bild 33 nedan.

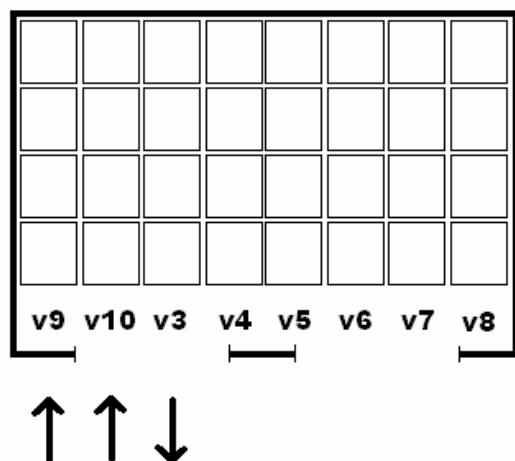


Bild 33. Raderna uppdateras med nya veckor vartefter nitrocellulosa används.

Det är viss variation under året på inleveransernas storlek och tiden mellan dem. En leverans kan till exempel ibland ta flera rader i anspråk andra bara en halv. Det finns alltså behov av att ha en översikt i anslutning till lagret. Förslagsvis kan en whiteboard

sätts upp och datumet då respektive pall ställdes in kan noteras. Då två pallar staplats på varandra med olika leveransdatum bör detta markeras på tavlan. Bild 34 illustrerar detta.

17/7	17/7	17/7	17/7	7/8	7/8	7/8	7/8
17/7	17/7	17/7			7/8	7/8	7/8
17/7	17/7	17/7				7/8	7/8
17/7	17/7	17/7				$\frac{9}{7/8}$	7/8

Bild 34. Exempel på hur datum för inleveranser kan noteras på whiteboard.

10 Slutsatser och diskussion

I det följande kapitlet diskuteras slutsatser och förslag till åtgärder utifrån var de förekommer i rapportens olika delar. Hänvisningar till aktuella kapitel görs löpande. Detta utgör en uppdelad översikt av vilka slutsatser som dragits från resultaten och olika åtgärder diskuteras. I kapitel 11 ges en mer generell diskussion och en sammanställning av föreslagna åtgärder presenteras.

10.1 Experiment

Flampunkt för lack

Flampunktsmätningarna gav temperaturer i närheten av det som kan förväntas. Etanol har flampunkten 13 °C . Då lackerna till störst del innehåller etanol ligger flampunkten nära den flampunkt som etanol har. Med tillsatser höjs flampunkten något. Det är dock inte så stora förändringar att det föranleder några förändringar i rutiner eller sammansättning av lacken. Testerna visar på en tendens att flampunkten höjs men det behövs fler tester för att ge mer underlag för att kunna besluta om en ändring av sammansättningen av lacken bör göras. Dessutom förekommer ändå spill av olika lättflyktiga lösningsmedel med låg flampunkt hänsyn till detta har redan tagits i produktionen. Däremot visade de misslyckade testerna av flampunkt, dvs. då en flamma uppstod vid en alldeles för låg temperatur, något av intresse (se kapitel 5.1.*Felkällor*). När lacken har torkat och ligger som en tunn hinna blir den ytterst lättantändlig. Detta har klart inverkan på hur rutiner ska utformas. Rutinerna presenteras i kap 10.3.*Rutiner i fabrik*.

Självantändning

Testerna i muffelugnen visade att det förelåg tendens till självantändning. I jämförelse med de tester som gjorts för oljebaserad tryckfärg var självantändningsbenägenheten relativt låg. Detta har beaktats i riskanalysen.

Det bedöms därför inte behövas några större åtgärder för hanteringen av spilltrasor förutom att tillgodose att regelbunden tömning av förvaringskärl sker. Rutinerna diskuteras vidare i kapitel 9.3.*Rutiner i fabrik*.

Släcktest på nitrocellulosa

Under testerna visade nitrocellulosan inte några tendenser att ”flamma upp” då vatten sprutades på. Tvärtom så släckte vattnet nitrocellulosan mycket effektivt och snabbt. Att det flammade upp under försöket som utfördes av personal på Torda kan bero på att försöket där gjordes i en tunna. Värmen ökar kring branden genom att värmeavgivning hindras i viss mån av tunnans, återstrålningen från kanterna bidrar också.

Vattenpåföringen påverkades även av att nitrocellulosan eldades i en tunna. Vattnet sprutades sannolikt rakt ned i tunnans vilket säkert kastade upp nitrocellulosan. Detta kan göra att mer syre kan komma i kontakt med bränslet varpå branden accelereras.

Vatten kan vid höga temperaturer sönderdelas i vätgas och syre. Vätgas är även kallat knallgas eftersom det reagerar kraftigt med en explosion då det förbränns. Då temperaturen kan ha varit väldigt hög i tunnan är det möjligt att detta har skett.

Skumhandbrandsläckare visade sig vara utmärkt att släcka med. Skum ur en handbrandsläckare är inte skum i den vanliga bemärkelsen utan mer som diskvatten där den sänkta ytspänningen gör att vätskan dränerar i materialet bättre. Detta gör att syrebristen som ett skumtäckande skulle ge inte uppstår varför inte heller mer farliga nitrösa gaser skapas.

Släckning med pulver var inte så effektiv eftersom nitrocellulosan återantändes efter en stund. Pulver fungerar som termisk ballast vid släckning,[17] det vill säga att energi tas från flammans värmepulver till samma temperatur som flammans. Detta kräver energi. När energi tas från flammans sänks temperaturen. Temperaturen i flammans blir tillslut så låg att förbränning inte kan fortsätta. Pulver fungerar på detta sätt då det sprids i flammans gasfas. Den termiska effekten upphör då pulvret fallit till marken. Det kan då vara tillräckligt varmt i brandhärden för att återantändning ska ske. Detta skulle kunna motverkas med pulver som har återantändningsskydd. På Revinge där testerna utfördes användes övningspulver som saknar antändningsskydd. Det är billigare att använda. Återantändningsskyddet i pulver hindrar syre att tillföras till bränslet vilket hindrar antändning. Detta kan i sin tur ge upphov till att i likhet med extruderat skum att giftiga nitrösa gaser skapas.

Släckningen med CO₂ förväntades också medföra återantändning då det likt pulver fungerar som termisk ballast i gasfasen och inte heller ger något skydd mot återantändning. Så blev dock inte fallet. CO₂ är till skillnad mot pulver i sig väldigt kallt när det expanderar ut ur brandsläckaren. Temperaturen kan sjunka ned till -70 grader Celsius.[17] Detta räcker för att elden inte ska kunna ta sig igen. Med tanke på att CO₂ också tränger undan syre vilket ökar produktionen av giftiga nitrösa gaser ska det ändå inte användas.

Det visar sig alltså att vatten är det bästa att släcka nitrocellulosa med. Detta gäller så länge man har rikligt med vatten och inte sprutar rakt ner i behållaren så att innehållet kan fara upp. Därför bör vattenhandbrandsläckare finnas där nitrocellulosa hanteras. Sprinkler finns redan i hela fabriken och i lagret. Eventuellt kan man tänka sig att ha skumhandbrandsläckare istället för vatten men det är naturligtvis billigare med vatten.

Det är också viktigt att regelbunden utbildning i brandsäkerhet sker av personal. Det är viktigt att känna till vilka släckmedel som är lämpliga och kanske framför allt vilka som inte är det samt känna till riktig påförings teknik.

10.2 Riskanalysen

Riskanalysen visade att åtgärder bör analyseras för samtliga händelser i riskbilden med avseende på konsekvenserna på egendom. De riskmått som har använts är grova uppskattningar. Det är svårt att förutsäga vilka skador en olycka kan orsaka. Händelserna

i kapitel 5 visar att konsekvenserna varierar. De visar också att konsekvenserna för liv kan bli minst lika allvarliga som konsekvenserna för egendom. Ett statistiskt underlag skulle kunna ge en noggrannare viktning av konsekvenser och sannolikheter. Konsekvenserna för miljön är inte så stora om man bara ser till nitrocellulosan i produktionen jämfört med om hela lagret skulle brinna. Däremot kan andra ämnen i fabriken involveras i olyckan och påverka miljön. Vid brand i lagret kan nitrocellulosan orsaka stora skador på miljön. Det skulle främst bero på släckvatten som tränger ned i omgivande mark. Jord och eventuellt snömassor måste omhändertas. Nitrosera gaser från nitrocellulosan utgör hot för både miljön och liv.

Det råder inte stor risk för varmkörning eftersom personalen är noggrann med att hålla reda på blandningstiden och har lång erfarenhet. Riskerna ökar om det skulle komma ny personal eller om tillfällig personal utför de arbetsmomenten.

Risken för självantändning av nitrocellulosa i produktionen föreligger endast om fat får stå kvar, vilket diskuteras mer i kapitel 10.3. *Rutiner i fabrik*. Där diskuteras även antändning av spilld nitrocellulosalack och självantändning av torktrasor. Risken att nitrocellulosa självantänder ute i lagret beror hur rutinerna för lagerhållning sköts vilket diskuteras närmare i kapitel 10.3. *Rutiner för lagerhållning*.

I riskanalysen finns två händelser där nitrocellulosa antänds vid satsning. Orsaken bedöms kunna vara gnistbildning från statisk elektricitet. Det bör anmärkas att det i första hand är spritångor som antänds och dessa kan sedan antända nitrocellulosan. Eftersom alkoholen som tillsätts satsen är mycket lättflyktig kommer volymen i blandaren snart att mättas med ångor. Därför är atmosfären inne i den stora blandaren förmodligen inte inom brännbarhetsgränserna som ligger lägre än mätnadskoncentrationen varför antändning troligen sker utanför blandaren.

Riskerna kring transport av nitrocellulosa från lagret till fabriken bedöms som så pass små att de inte tas upp i riskanalysen. Skulle något hända på gården är olyckan lätt att begränsa och åtgärda.

10.3 Hantering av nitrocellulosa

Rutiner för lagerhållning

Vid hanteringen av pallar med truck måste noggrannhet iakttas så att tunnor inte punkteras och om detta ändå sker måste spill samlas upp omedelbart. Nitrocellulosa som får ligga fritt antänds oerhört lätt. Se kapitel 4.1. *Risker*.

Det ska finnas en spann med etanol eller vatten för uppsamling av spilld nitrocellulosa. Nitrocellulosa löser sig på ett par minuter i etanolen och blir på så vis stabilt och relativt ofarligt. Med relativt ofarligt menas att etanolens brandfarlighet inte påverkas. Däremot försvinner de egenskaper helt som gör nitrocellulosa så brandfarligt. Nitrocellulosan kan inte längre självantända och den är inte heller explosiv som den blir i torrt tillstånd. För att kontrollera att nitrocellulosa verkligen löste sig snabbt utfördes ett enkelt test på Tordas lab. där en sked nitrocellulosa hälldes i en bägare med etanol. Nitrocellulosan

löste sig som väntat snabbt i alkoholen. Se bild 35. Detta var ett så pass enkelt test att det presenteras här endast som en parantes.



Bild 35. Lösning av nitrocellulosa i etanol.

Tömning av spillburken sker i vätskespillcontainer i fabriken. Ute i lagret är vatten säkrast att använda. Även om nitrocellulosa inte löser sig lätt i vatten hindras ändå nitrocellulosan att torka ut. Skulle däremot spannen välta så har faran för att nitrocellulosan ska torka ut inte eliminerats. Tömning bör därför ske direkt efter att spillet har samlats upp.

Pallarna placeras lämpligen som bild 36 visar nedan i fyra rader om åtta pallar staplade högst två pallar högt.

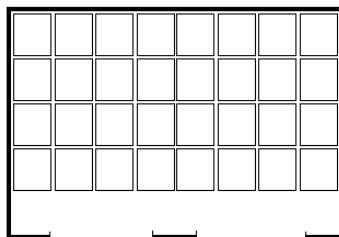


Bild 36. Schematisk skiss av nitrocellulosa-lager då det är fullt.

Torda har hög omsättning på nitrocellulosa. Det är svårt att anpassa inleveranserna helt till omsättningen i produktionen. Därför behövs ett system för att försäkra att tunnorna inte står och blir gamla i lagret. Om tunnorna får stå för länge måste de vändas vilket innebär extra arbete. De förslag på rutiner som presenteras i kapitel 9 kan vara en startpunkt för att arbeta fram en fungerande rutin. Det finns olika sätt att dela upp lagret och det bästa sättet hittas endast genom att pröva. Troligtvis är en kombination av intag på ena sidan lagret och uttag på den andra och sedan byte, se kapitel 9, och en översikt på whiteboard det som kommer att fungera bäst. De allra flesta inleveranser fyller nämligen halva lagret åt gången. Att ha en whiteboard är bra hur man än ordnar varorna i lagret. Den ger god överblick över när varorna kommit in. Att tänka på är också hur

länge varorna har rest från leverantören innan de ställs i lagret. Det kan ha betydelse för när tunnorna behöver vändas. I föreskrifterna står det att tunnorna av erfarenhet behöver vändas efter 2 eller 3 veckor.[25]. Det ger ju ett visst spelrum och vill man vara på den säkra sidan kan man hålla sig till att alltid vända efter 2 veckor om nitrocellulosa inte blir använd innan dess.

Rutiner i fabrik

De rutiner som finns för hanteringen av nitrocellulosa idag fungerar ganska bra. Det finns ändå vissa saker som bör belysas.

På tredje våningen skulle det bästa vara om det gick att få bort kletet som sitter på inloppet till nitrocellulosablandaren på grund av problematiken med statisk elektricitet som nämndes i avsnitt 7.1. Inloppet måste under alla omständigheter spolras med etanol vid satsning för att spola rent från nitrocellulosa men med det kladdiga på kanten tar det längre tid att spola. Troligtvis är det dock fortfarande inte länge nog att bygga upp tillräckligt med statisk elektricitet för att risk för gnistbildning ska uppstå. Risken finns dock och olyckor där antändning skett på grund av statisk elektricitet har förekommit på andra ställen med stora materiella och personskador som följd. Det rekommenderas därför att undersöka hur spolning av etanol utan skydd mot statisk laddning kan undvikas. Genom att fylla blandaren med kvävgas, vilket tar bort syret, kan risken för antändning minskas betydligt. Detta är dock en ganska dyr lösning.

Tunnan med nitrocellulosa får inte stå över natten på andra våningen. Vissa dagar tillverkas flera satsar innehållande olika mängd nitrocellulosa. Att behöva köra ut tunnan till lagret efter satsning för att sedan hämta upp den bara någon timma senare är inte rimligt. Då skulle personalen som blandar inte göra annat än att köra tunnor fram och tillbaka mellan fabriken och lagret och väldigt lite lack skulle hinna bli tillverkad. Detta skulle kunna avhjälpas genom att emballagestorlekarna anpassades bättre efter batchstorlekarna. Det är just när öppnade tunnor får stå på obestämd tid i produktionen som olyckor kan ske.

Spill av nitrocellulosa måste torkas upp, det rekommenderas att det finns en spann med etanol stående att hålla spillet i. I fabriken hanteras redan brandfarliga ämnen varför en spann med etanol inte utgör ytterligare risk. Däremot elimineras riskerna för att nitrocellulosa ska torka ut och antända. Se kapitel 10.3. *Rutiner för lagerhållning*.

Spill av lack måste torkas upp omedelbart med sprit så att det inte torkar in. Som framgår av avsnitt 10.1. *Flampunkt för lack*. är det nödvändigt att inte slarva med detta. Nu kastas använda trasor i en plastbehållare med lock. Optimalt vore en stålcontainer med lock och eventuellt en gassensor kopplad till ett lokalt larm. Stålcontainern leder värme bra och kan hjälpa till att förhindra värmeuppbbyggnad genom att leda bort värmen. Den förstörs heller inte av brand eller hög värme som ett plastkärl skulle göra. Alternativt kan en temperaturmätare användas. Eftersom risken för självuppvärmning enligt försöken är relativt låg är kanske kostnaden för att installera alla dessa

säkerhetsåtgärder omotiverad.. Det bör räcka med att rutiner för tömning av förvaringskärlet för spilltrasor varje dag efterlevs.

I allmänhet är personalen noga med att jorda vid tappning och blandning av polära vätskor och nitrocellulosa. Däremot bör jordningar ses över så att de verkligen är hela och fungerar. På det hela taget rekommenderas att regelbunden kontroll sker utav utrustning som stopptimers, temperaturvarnare och jordningsanordningar.

11 Generell diskussion och sammanställning åtgärder

Rapporten har behandlat hanteringen av nitrocellulosa på Torda Ink. Syftet har varit att skapa en bild av vilka risker som finns i samband med hanteringen av nitrocellulosa. Experiment har genomförts och bidragit till en tydligare bild av vissa risker och behov av åtgärder. I huvudsak har observationer och samtal med personal utgjort grunden för riskvärdering. Tidigare olyckor har hjälpt att bestämma troliga scenarier för what-if analysen.

Nitrocellulosa har presenterats i allmän bemärkelse, enligt vilka regler och lagar som gäller samt utefter riskbilden. Rapporten fördjupar sig mer i risker än lagar och regler. I stället utformas förslag på rutiner efter lagkrav samt eventuella avsteg från lagkrav påpekas. I övrigt lämnas regler som efterföljs därhän.

Det ska understrykas att värdena för sannolikhet och konsekvens är uppskattningar baserade på egen erfarenhet av arbetet på Torda som färgblandare och personalen på Tordas samlade erfarenhet genom intervjuer. Tidigare olyckor och en riskanalys från 2002 har studerats och vägts in i bedömningen. Detta är dock ett relativt tunt material att basera en riskvärdering på och det skulle behövas ett större statistiskt underlag än bara några få olycksrapporter.

De brister som framkom vid besiktning av det nya lagret åtgärdades under tiden som arbetet med denna rapport fortgick och tas därför inte upp ytterligare i denna rapport.

Slutligen följer här en översiktlig sammanställning av föreslagna åtgärder.

- Installera timerstopp till alla rivare.
- Installera temperaturlarm i stoa blandaren.
- Använd endast gnistfria verktyg i produktionen.
- Tömning av container för spilltrasor varje dag.
- Inskaffa plåtcontainer för spilltrasor.
- Temperaturlarm och/eller rökvarnare i container för spilltrasor.
- Torka upp spilld nitrocellulosalack omgående med sprit.
- Ta bort kletet från inloppet i stora blandaren.
- Inertering av stora blandaren med kväve vid satsning.
- Tunnor med nitrocellulosa får inte stå kvar i fabriken, anpassa om möjligt emballagestorleken efter satsstorleken.
- Inför system enligt kapitel 9 för lagerhållning av nitrocellulosa.
- Vattenbrandsläckare där nitrocellulosa hanteras.
- Kontrollera alla jordningsanordningar.
- Upprätta schema för regelbunden kontroll av stopptimers, temperaturvarnare och jordningsanordningar.

12 Förslag till framtida arbeten och undersökningar

I detta arbete gjordes endast en översiktlig riskanalys av de risker som involverade nitrocellulosa. En fullständig riskanalys av Torda Ink AB är ett förslag på fortsatt arbete. De försök som genomfördes till stöd för rapporten gjordes med begränsade resurser. En mer grundlig analys av vilka faktorer som påverkar självantändning och flamtemperatur kan göras med tillgång till bättre utrustning och andra testmetoder.

Test för självantändning skulle med fördel kunna utföras med Svepkalorimetri: Differential scanning calorimetry, DSC. Vid svepkalorimetri mäts energiförändringar i ett prov. Tekniken involverar både ett prov och ett referensprov, vilka båda värms upp med samma temperaturprofil. DSC används vid mätningar för temperaturer hos ett prov under termiska variationer och DSC ger indikationer på om provets egenskaper är endoterma eller exoterma.[7] Vid en DSC-analys erhålls en kurva över hastigheten då provets entalpi förändras som en funktion av temperaturen (eller tiden vid isoterma analyser). Eftersom man med DSC kan studera ett reaktionsförlopp, genom att registrera värmeflödet från eller till provet som en funktion av temperaturen, torde metoden vara användbar till studier av självantändning.[13]

En annan metod att bedöma självantändningstendenserna är Mackey-testern. Provet testas i en mässingscylinder vid temperaturen 97°C. Temperaturen registreras kontinuerligt.[11]

En variant på testet för självantändning som genomfördes i muffelugn för denna rapport är att långsamt stegra temperaturen i ugnen. På så sätt kan man hitta självantändningstemperaturen i ett enda försök. Till detta krävs en datorkontrollerad ugn för att kunna kontrollera och variera temperaturen.[3]

Testmetoden för flampunktsmätning bedöms som lämplig. Däremot skulle fler tester med fler variationer ge tillförlitligare och tydligare resultat.

Referenser

Böcker och rapporter

1. **Arleham, I, Persson, A** (2001), Självantändning av arkoffsettryckfärger i kombination med bärare
2. **Bergkvist, G** (2002); Riskvärdering av Torda Ink AB, Riskteknik Martin Uulas AB, Lund, Sverige
3. **Björkman, J & Keski-Rahkonen, O** (1992); Test method for self-ignition of materials, VTT, Espoo, Finland]
4. **Drysdale, D** (2002); Introduction to Fire Dynamics
5. **Erlandson, Ulf** (2002); Brand i färgindustri, Räddningsverket
6. **Hercules**, (1955); Nitrocellulose, Properties and uses, Hercules powder company, Delaware, USA
7. **Huldén, M** (1984); Termisk analys inom färg och lackkemi, Nordiska Institutet för Färgforskning, Hørsholm, Danmark
8. **Jansson, Tobias** (2006); Förenklad klassningsindelning för explosionsfarliga områden, Räddningstjänsten Syd, Lund
9. **Jansson, Tobias** (2007-10-24); Brandbesiktning nitrocellulosa-förråd Torda Ink AB Lund, Räddningstjänsten Syd, Lund
10. **Krook, Måns** (1991); Insats på Casco Nobel Industrifärg – Sege, Räddningstjänsten, Malmö
11. **Lampe, K & Saarnak, A** (1982); Självantändning i färger och i omättade polyesterar, Nordiska Institutet för Färgforskning, Hørsholm, Danmark
12. **Lampe, K & Saarnak, A** (1984); Självantändning i färgavfall – provningsmetoder, Nordiska Institutet för Färgforskning, Hørsholm, Danmark
13. **Nielsen, C & Høgh, B & Wallström, E** (1997); Experimental Results and Modelling of Physico-Chemical Properties, EnPro ApS, Köpenhamn, Danmark
14. **Nilsson, Jerry** (2003); Introduktion till riskanalysmetoder, Report 3124, Lund
15. **RIB**(1999); Explosion och brand i fabrik för produktion av färgpigment, Major Accident Hazards Bureau
16. **SRV** (2001); Handbok för riskanalys
17. **Särdquist, S** (2002); Vatten och andra släckmedel,
18. **Walldén, Rolf** (2007-10-16); Slutbesiktning av nitrocellulosa-förråd Torda Ink AB, Errwe-byggkonsult AB

Lagar och förordningar

19. **SIND-FS** 1983:2, Sprängämnesinspektionens kungörelse om klassning vid verksamhet med brandfarlig vara
20. **SFS** 1988:868, Lagen om brandfarliga och explosiva varor
21. **SFS** 1988:1145, Förordning om brandfarliga och explosiva varor
22. **SFS** 2003:778, Lagen om skydd mot olyckor
23. **SFS** 2003:789, Förordning om skydd mot olyckor
24. **SÅIFS** 1988:2, Sprängämnesinspektionens föreskrifter om klassning vid hantering av explosiv vara.

25. **SÄIFS** 1989:5, Sprängämnesinspektionens föreskrifter om hantering av varor innehållande lågnitrerad nitrocellulosa

Internet

26. **European Council of producers and importers of paints, printing inks and artists' colours** <http://www.cepe.org/> 2008-01-20
27. **Torda Ink AB** <http://www.torda.com/> 2008-01-17

Produktblad och säkerhetsdatablad

28. **Bergeac NC** (2003); Säkerhetsdatablad nitrocellulosa
29. **Eastman** (2004); Säkerhetsdatablad tillsats C
30. **UNIVAR AB** (2003); Säkerhetsdatablad etylacetat
31. **UNIVAR AB** (2006); Säkerhetsdatablad etanol
32. **Wolff cellulotics** (2007); Productblad