



**Kartläggning och teknisk bedömning av
alternativ till dekabromdifenyleter
(dekaBDE) i textila applikationer**

Stefan Posner

**Kartläggning och teknisk bedömning
av alternativ till dekabromdifenyleter
(dekaBDE) i textila applikationer**

Stefan Posner

Best.nr. 510 791

Sundbyberg i september 2004

Utgivare: Kemikalieinspektionen©

Beställningsadress: Närservice, Margretedalsvägen 6, 646 34 Gnesta

Fax 0158-24 51 36, e-post gnestalagret@ams.amv.se

Sammanfattning

IFP Research har på uppdrag av Kemikalieinspektionen kartlagt och genomfört en teknisk bedömning av de flamskyddsmedelsalternativ som idag finns tillgängliga till dekabromdifenyleter (dekaBDE) för textila applikationer.

Belagda textila material, möbler och liknande sitt och liggkonstruktioner men även andra tekniska textila konstruktioner är vanliga textila applikationer med dekaBDE. Flamskyddet baseras på synergenen antimon: brom, vanligen dekabromdifenyleter, som appliceras i förhållandet *1 del antimon på 3 delar brom*, som sedan länge visat sig vara det effektivaste synergenförhållandet för att uppnå så goda flamskyddsegenskaper som möjligt.

Marknaden för flamskyddsmedel har vuxit främst på grund av allt högre ställda säkerhetskrav internationellt som nationellt. Denna utveckling har framförallt drivits fram i Storbritannien, Irland och USA, i synnerhet Kalifornien. Kundernas krav är absoluta, om de så är offentliga institutioner, internationella organisationer eller företag på marknaden. Om brandkraven inte uppfylls så finns det heller ingen marknad för den enskilda leverantören och tillverkaren. Däremot finns det överhuvudtaget inga beskrivande brandkrav som kopplar till användning av särskilda flamskyddsmedel för att kraven ska uppnås. Val av flamskydd är helt och hållet tillverkarens eget val. I vissa fall så är kraven så högt satta att alternativen inte är ekonomiskt hållbara eller att miljökraven i den delen av världen inte gör alternativen möjliga. Sviktande kvalitetsegenskaper, exempelvis försämrade komfort och hållbarhet hos den textila produkten, kan också vara begränsande faktorer vid tillverkarens val av flamskydd.

Utöver ställda lag och säkerhetskrav på olika produkter, sätts flamskyddsmedlens möjliga miljöpåverkan samt påverkan på människors hälsa i fokus, vilket inneburit att de stora tillverkarna i världen av flamskyddsmedel de senaste åren har kompletterat sitt traditionella sortiment av halogenerade flamskyddsmedel med icke halogenbaserade produkter. Det finns etablerade flamhämmande ämnen samt tänkbara nya varianter, som baseras på andra synergistiska kombinationer som möjliga ersättningar till antimon-dekaBDE. Dessa kan vara organiska fosforföreningar eller fosfor-klorföreningar, aluminium och zinkhydrat, svällande (intumescenta) system, nya synergistiska kombinationer exempelvis antimon – brom/fosfor – kisel, ytaktiva fibersystem samt system med ympsampolymerer. Några av dessa alternativ är sedan årtionden etablerade på marknaden. Ett av de huvudsakliga skälen till att organiska bromföreningar fortfarande används istället för dessa halogenfria alternativ, beror på en rad faktorer varav endast ett fåtal är av teknisk art. Bland de vanligaste orsakerna till att alternativen inte alltid gör sig gällande, beror på att marknaden helst vill använda sig av väl beprövade flamskyddsmedel i paritet med lågt pris.

De flamskydd som troligen slutgiltigt kommer att helt ersätta antimon:dekaBDE med klara regelverk som stöd, är de intumescenta systemen samt fosforkemin. I vissa applikationer kommer även de flambeständiga fibrerna i kombination med brännbara fibrer med framgång att användas. För vissa applikationer återstår dock en del brandrelaterade problem att lösa, exempelvis för polyuretanskum, men även denna utveckling kommer att accelerera då de halogenerade alternativen generellt inte längre har en roll att spela i det internationella uthålliga samhället. Det är nu lagstiftarnas sak att skapa detta incitament. Tekniken är redan här.

Innehållsförteckning

Förord	3
Inledning	3
<i>Varför används flamskyddsmedel?</i>	3
<i>Användningsområden</i>	3
<i>Hur fungerar flamskyddsmedel?</i>	4
<i>Textila applikationer med dekaBDE</i>	6
Funktionskrav och regler för textila applikationer	7
Alternativ till dekaBDE	11
<i>Några exempel på kommersiella alternativ till antimon:dekaBDE synergenen</i>	11
<i>Intumescenta (svällande) system</i>	12
<i>Hur fungerar intumescenta system?</i>	14
<i>Flamskydd av cellulosa</i>	17
<i>Flamskydd av ull</i>	19
<i>Flamskydd av polyester</i>	19
<i>Flamskydd av polyuretan</i>	20
<i>Flamskydd av polyamid</i>	20
<i>Flamskydd av polyolefiner</i>	20
<i>Flambeständiga fibrer</i>	21
Slutsatser	21
Begrepp och använda förkortningar	22
Referenser	23

Förord

IFP Research har på uppdrag av Kemikalieinspektionen kartlagt och genomfört en teknisk bedömning av de flamskyddsmedelsalternativ som idag finns tillgängliga till dekabromdifenyleter (dekaBDE) för textila applikationer.

Uppdraget omfattar

- ⇒ Sammanställning av de alternativ som finns tillgängliga idag
- ⇒ Beskrivning av vilka funktionskrav som finns i olika applikationer
- ⇒ Beskrivning i vilka applikationer alternativen kan fungera
- ⇒ En teknisk bedömning av om alternativen uppfyller de krav som ställs på flamskyddande egenskaper i de applikationer de används
- ⇒ Att kort beskriva trender i utvecklingen av flamskyddsmedel

Inledning

Varför används flamskyddsmedel?

Bränder hör till de vanligaste orsakerna till egendom och personskador i världen. De senaste 10 till 15 åren har en rad s.k. **risk-nytt**a analyser från verkliga bränder har genomförts. Statistik från dessa risk-nytt analyser indikerar en klar minskning av antalet dödsfall och svårare personskador tack vare förbättrad brandsäkerhet, vilket inkluderar ökad och förbättrade tillämpningar av olika former av flamskyddade material. Dessa drivkrafter har fört utvecklingen framåt mot funktionellt bättre och effektivare flamskyddsmedel i paritet med att lagstiftningen skärpts. Denna utveckling har framförallt drivits fram i Storbritannien, Irland och USA, i synnerhet Kalifornien, som representerar länder som genomfört risk-nytt studier i stor omfattning. Detta har återspeglat sig i form av kraftfull lagstiftning och omfattande säkerhetskrav vid skydd mot brand som genererat hårda brandstandarder för kravställande på en rad material som hanteras i för brand utsatta situationer.

Marknaden för flamskyddsmedel har vuxit främst på grund av allt högre ställda säkerhetskrav internationellt som nationellt. Flamskyddsmedlens primära och yttersta funktion är att tillfredsställa dessa olika lag- och säkerhetskrav. Allteftersom regelverken skärps kommer marknadsbilden påverkas såväl tekniskt, miljö- som prismässigt för flamskyddsmedel i allt större utsträckning.

Utöver de ställda säkerhetskraven på olika produkter sätts flamskyddsmedlens möjliga miljöpåverkan samt påverkan på människors hälsa i fokus, vilket inneburit att de stora tillverkarna i världen av flamskyddsmedel de senaste åren har kompletterat sitt traditionella sortiment av halogenerade flamskyddsmedel med icke halogenbaserade produkter exempelvis baserade på fosforkemi.

Användningsområden

Produktionen av halogenerade flamskyddsmedel motsvarar ca 28 % av världsproduktionen av flamskyddsmedel enligt handelsstatistik från 1998. Bromerade flamskyddsmedel står för ca 23 %, som får anses vara en betydande del av den totala världsproduktionen av flamskyddsmedel.

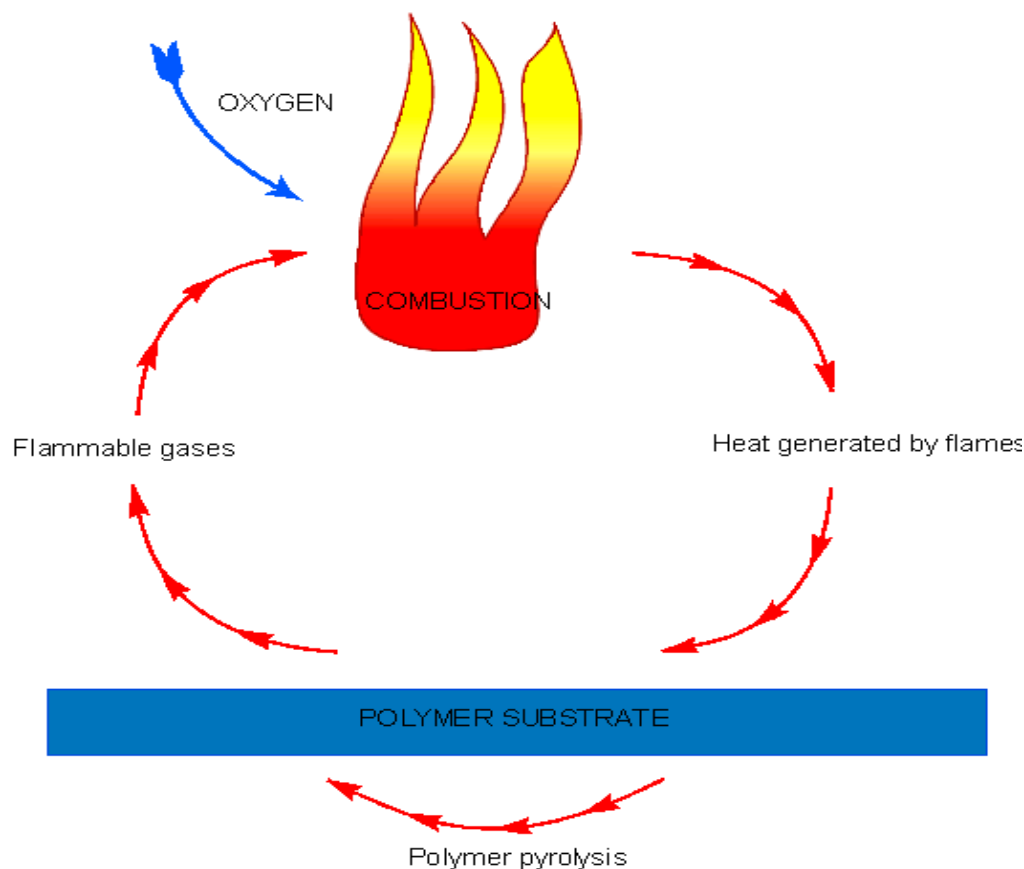
Huvuddelen av dagens halogenerade flamskyddsmedel används inom elektronikområdet vid tillverkning av kretskort, höljen till hemelektronik samt kontorselektronik inklusive mobiltelefonutrustning. Generellt är plastindustrin är den i särklass största användaren av

flamskyddsmedel av vilka de största kvantiteterna levereras till råvarutillverkare. En mindre andel av världsproduktionen av flamskyddsmedel går till textil och papper. De aromatiska polybromerade flamskyddsmedlen (PBDE) ingår i föreningar med fem, åtta respektive tio bromatomer i strukturen. Denna rapport kommer att lägga fokus på den förening som innehåller tio bromatomer med namnet dekabromdifenyleter (dekaBDE), som tillhör kategorin additiva flamskyddsmedel. Detta innebär att flamskyddsmedlet endast är fysikaliskt bundet till det flamskyddade materialet till skillnad från de reaktiva flamskyddsmedlen. DekabDE är det flamskyddsmedel som produceras mest i världen räknat på årston bland de organiska aromatiska bromföreningarna. Ungefär 90% av världsproduktionen hamnar i elektronik och plaster medan övriga ca 10% hamnar i belagda textilier samt stoppade möbler och bäddprodukter.

Hur fungerar flamskyddsmedel?

Begreppet flamskydd innebär inte att materialet inte kan brinna utan snarare att det finns en fördröjning innan materialet ifråga fattar eld eller på annat sätt påverkas av hettan som utvecklas vid brand. Det är väsentligt att skilja på material som försenar brand s.k. ***flamhämmade material*** och material som motstår brand s.k. ***flamresistiva eller flambeständiga material***. Till den senare kategorin hör en rad flamresistiva fibrer som till viss del ersatt de flamhämmade traditionellt kemiskt behandlade textila materialen. Flamresistiva fibrer är i regel dyrare än våtkemiskt flamskyddsbehandlade textilier, vilket resulterar i att producenten har att ständigt hantera en balansgång mellan pris säkerhetskrav samt övriga kvalitetskrav, exempelvis design, komfort och mekanisk hållbarhet, vid sitt val av flamskydd.

För att förstå nyttan och tillämpningar av olika flamskyddsmedel är det väsentligt att även förstå ett brandförlopp av polymera och textila material. Förloppet, som kallas ***pyrolysis***, kan kort beskrivas som ett termiskt sönderfall av materialet och illustreras schematiskt i figur 1 nedan



Figur 1: Förbränningsprocessen för polymert material

Förbränningen genererar brännbara och ofta toxiska gaser som blandas med luftens syre och förbränns i sin tur under ökad värmeutveckling. Detta gör att processen underhåller sig själv tills allt material, som fungerar som ett slags bränsle, är förbrukat. Flamskyddsmedlets roll är att på olika sätt avbryta denna förbränningsprocess.

Den traditionella klassificeringen av flamskyddsmedel baseras ofta på den mest framträdande mekanism som flamskyddsmedlet har i samband med förbränningsprocessen. Flamskyddsmedlen kan agera primärt i

- ⇒ gasfas
- ⇒ den kondenserade fasen, även kallad vätskefasen
- ⇒ via fysikalisk inverkan

Flamskyddsmedel som är avsedda att verka *i gasfasen* interagerar med de flyktiga ämnen som bildas i samband med förbränningen. En förutsättning för att dessa flamskyddsmedel ska kunna göra detta, är att de bildar flyktiga ämnen som kan reagera med förbränningsprocessens flyktiga ämnen på ett sådant sätt att de nya flyktiga ämnen som bildas inte är brännbara.

Flamskyddsmedel som agerar i den *kondenserade fasen* stör pyrolys processen så att de reducerar bildandet av brännbara gaser samt ändrar deras egenskaper så att gasernas brännbarhet minskar. De flamskyddsmedel som baseras på *fysikalisk inverkan* på förbränningsprocessen agerar i såväl gasfasen- som den kondenserade fasen. Många av dessa flamskyddsmedel som

reagerar via fysikalisk process är oorganiska. För att de ska ha önskad effekt på brandförloppet behöver de appliceras i stora kvantiteter med upp till 60 vikt % i det polymera materialet. Den primära effekten kan vara att

- ⇒ reducera värmeutvecklingen,
- ⇒ att bilda ett skyddande obrännbart skikt
- ⇒ "utspädning" av det organiska brännbara materialet.

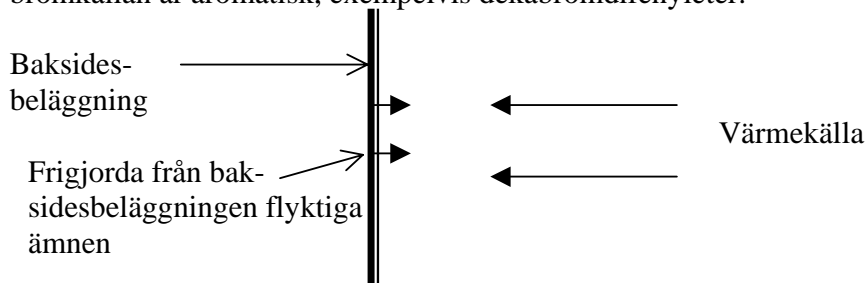
I stort sett alla idag förekommande kommersiella flamskyddsmedel är aktiva i såväl den kondenserade fasen som i gasfasen. Fosforbaserade system är primärt aktiva i den kondenserade fasen medan halogenbaserade flamskyddsmedel primärt reagerar i gasfasen där de stör och slutligen avbryter de kemiska reaktioner som förekommer där. Metallhydroxider har som primär uppgift att absorbera värme och därmed sänka temperaturen i förbränningsprocessen. I samband med denna termiska process så utvecklar metallhydroxiden inerta gaser såsom vattenånga som "späder" ut gasfasen och därmed förhindrar fortsatt brandförlopp.

I samband med att flamskyddsmedel utvecklats så talas det om *synergieffekter*. Begreppet synergieffekt innebär att den önskade effekten av två eller flera komponenter i samverkan är större än effekten för var och en av komponenterna. En av de kanske viktigaste synergieffekterna historiskt inom flamskyddsmedelskemin är den mellan halogen och antimon, där antimon reagerar i form av antimontrioxid under bildning av radikaler för slutlig bildning av antimontribromid samt antimonoxibromid eller dess klorerade motsvarigheter. Dessa flamskyddsmedel reagerar i gasfas och innefattar vanligen halogener av typen klor eller brom. De övriga halogenerna, jod respektive fluor, fungerar överhuvudtaget inte som flamskyddsmedel. Organiska jodföreningar är för instabila medan fluororganiska är för stabila för de reaktioner som sker i gasfasen vid förbränningen.

Textila applikationer med dekaBDE

Belagda textila material är vanliga applikationer för flamskydd som baseras på synergien antimon: brom, vanligen dekabromdifenyler. Denna konstruktion är vanlig i möbler och andra liknande sitt och liggkonstruktioner men även i andra tekniska textila konstruktioner.

Flamskyddsmedelssystemet appliceras i förhållandet **1 del antimon på 3 delar brom**, som sedan länge visat sig vara det effektivaste synergenförhållandet för att uppnå så goda flamskyddsegenskaper som möjligt. Exempelvis så kan en baksides beläggning på ett textilt material bestå av 17 delar antimontrioxid, 33 delar dekabromdifenyler samt 50 delar harts. Mängdmässigt appliceras flamskyddssystemet i storleksordningen 20 till 30 vikts% av det textila materialet. Synergieffekten baseras på bildning av antimontribromid (Sb_2Br_3), i synnerhet om bromkällan är aromatisk, exempelvis dekabromdifenyler.



Figur 2. Förenklat schema över effekten av en värmekälla på framsidan av ett baksidesbelagt textilt material

Figur 2 visar schematiskt svårigheten med baksidesbeläggning (och mellanskiktsbeläggning). Effekten hos antimon-dekaBDE, ligger i deras förmåga att frigöra aktiva flyktiga substanser, t. ex SbBr_3 och antimonoxibromider när tyget värms från framsidan. Dessa flyktiga ämnen diffunderar från baksidan, där de frigörs, genom tyget till framsidan, där de släcker ut den begynnande elden genom sin aktivitet i gasfas. De alternativa vätskefasaktiva flamskyddsmedlen har en allvarlig nackdel däri att de inte inverkar direkt på lågan. De kan dock leda till frisättning av icke brännbara gaser som vatten, ammoniak eller koldioxid som kan minska risken för antändning genom att de späder ut den brännbara blandningen av flyktiga ämnen och luft. Frågan som måste besvaras är hur ett flamskyddsmedel som arbetar i vätskefas kan överföra sin aktivitet från baksidan på ett tyg genom tyget till dess framsida, vilket kan vara en inledande fråga att vidareutveckla mogna alternativ till antimon-dekaBDE synergien.

Polymera material som flamskyddas med antimon:halogen, bland annat dekaBDE, är

- ⇒ polyester
- ⇒ polyamider
- ⇒ polyolefiner exempelvis polypropen
- ⇒ polyuretaner
- ⇒ polyakrylnitriler
- ⇒ polystyren

I textila sammanhang är samtliga material relevanta i olika tillämpningar, med undantag för polystyren I den tidigare litteraturen från 1970-talet och bakåt beskrivs cellulosabaserade applikationer med antimon:halogen synergien, men det har baserats på klorkälla i form av bland annat klorparaffiner.

Funktionskrav och regler för textila applikationer

Skärpt lagstiftning och tuffare brandkrav är de allenarådande drivkrafter som har fört utvecklingen framåt mot funktionellt bättre och effektivare flamskyddsmedel. Denna utveckling domineras av framförallt de anglosaxiska länderna, *Storbritannien, Irland och USA, i synnerhet Kalifornien*, som representerar länder som genomfört storskaliga risk-nytta studier i stor omfattning. I ljuset av denna utveckling har en lång rad med specifika brandstandarder med unika brandkrav utvecklats internationellt för olika mycket skilda situationer. Översikten, som beskrivs i denna rapport i tabell 3 över brandkrav internationellt, har inte för avsikt att vara komplett bild men är en ambition att beskriva de viktigaste och mest framträdande internationella krav som förekommer inom det textila området.

Kundernas krav är absoluta, om de så är offentliga institutioner, internationella organisationer eller företag på marknaden. Om brandkraven inte uppfylls så finns det heller ingen marknad för den enskilda leverantören och tillverkaren. Däremot finns det inga beskrivande brandkrav överhuvudtaget som kopplar till användning av särskilda flamskyddsmedel för att kraven ska uppnås. Val av flamskydd är helt och hållet tillverkarens eget val. I vissa fall så är kraven så högt satta att alternativen inte är ekonomiskt hållbara eller att miljökraven i den delen av världen inte gör alternativen möjliga. Sviktande kvalitetsegenskaper, exempelvis försämrade komfort och hållbarhet hos den textila produkten, kan också vara begränsande faktorer vid tillverkarens val av flamskydd.

I Europa finns omfattande regler kring flamskydd för personlig skyddsutrustning. Dessa regelverk täcker in ett brett spektrum av yrkeskategorier inom vilka personal utsätts för brandrisk i samband med sin yrkesutövning. Några av dessa standarder kan sammanfattas i tabell 1 nedan

Tabell 1: EU standarder som omfattar personlig skyddsbeklädnad

Typ av risk	Exempel på risk	Korresponderande EU-standard
Små lågor	All verksamhet i närheten av lågor	EN 533
Större lågor och konvektiv värme	Närhet till små bränder	EN 531 nivå B1
Strålningsvärme	Närhet till ugnar	EN 531 nivå C1
Hetta och lågor	Brandbekämpning	EN 469
Droppar av smält metall	Svetsning och skärande arbete med syre	EN 470-1
Stänk av smält metall	Gjuteri, smältverk	EN 531 nivå D1 och E1

Storbritannien och Irland har utmärkt sig bland andra europeiska länder genom sina mycket stränga lagstadgade säkerhetskrav mot brand.. I Storbritannien gäller sedan 1988 ” UK Furniture and Furnishings Fire Safety Regulations”. Denna lagstiftning innefattar långtgående brandkrav, med krav på säkerhetsmärkning, vid försäljning av följande produkter

- ⇒ sängar, sänggavlar samt madrasser
- ⇒ bäddsoffor och motsvarande
- ⇒ möbler till barnkammare
- ⇒ trädgårdsmöbler
- ⇒ inredning i husvagnar
- ⇒ sittdynor och kuddar
- ⇒ möbel och sängöverdrag

Denna brittiska lagstiftning är mångfasetterad och omfattande på liknande sätt som Flammable Fabrics Act (FFA) från USA, som beslutades av den amerikanska kongressen redan 1953. Innebörden av den amerikanska lagstiftningen är att alla former av artiklar/beklädnader som anses mycket lättantändliga och brännbara som utgör en stor risk för bäraren är förbjudna att säljas. Lagen beskriver tre klasser av brännbarhet hos textiltyger enligt tabell 2.

Tabell 2: Klassning av textiltyger enligt FFA.

Klass		Tid för spridning av låga
Klass 1	Normal antändlighet	4 sekunder eller mer
Klass 2	Intermediär antändlighet	Mellan 4 till 7 sekunder innan tyget antänder
Klass 3	Snabb intensiv förbränning	Mindre än 4 sekunder. Farlig och lättantänd. Olämplig för beklädnad.

Den amerikanska arbetskyddsmyndigheten, US Occupational Safety & Health Administration (OSHA), har fastställt stränga regler rörande skyddsutrustning som bärs av personal som riskerar att exponeras för eld eller elektriska urladdningar. Dessa regler klargör att denna personalkategori inte får bära skyddskläder som kan bidra till någon form av skada i den händelse olyckan skulle vara framme. Regelverket anger särskilt att vissa fiberslag till 100 % eller i kombinationer inte får förekomma i skyddskläder, såvida de inte är flamskyddade. Några av dessa fiberslag är acetat,

polyamid, polyester och viskos. OSHA reglerar även användning av naturfibrer såsom bomull och ull med ytvikter mindre än 409 g/m², såvida de inte är behandlade med flamskyddsmedel. Vid årsskiftet 2004/2005 träder en ny lagstiftning ikraft i Kalifornien, "California's Assembly Bill 603, som innebär väsentligt tuffare regler för flamskydd på madrasser som saluförs i Kalifornien. De nya reglerna kräver att madrassen ska stå emot öppen låga i 30 minuter istället för dagens krav på 3 minuter. Motsvarande regler för stoppade bäddprodukter är även under behandling i Kalifornien. Andra delstater väntas följa efter.

Det förs dock gränsöverskridande diskussioner att sätta gränsvärden och krav i paritet med vilka konsekvenser kraven får på oönskad ökad användning av flamskyddskemikalier. Exempelvis pågår ett arbete att ta fram ett europeiskt dokument inom CEN för brandkrav på nattkläder. Många länder har varit negativa till de ökade kraven på brandsäkerhet, då de inser att detta med känd teknik måste leda till en ökad användning av flamskyddsmedel. Man menar att de fördelar som fås inte är tillräckligt stora för att motivera nackdelarna. Det nämndes även i ett tidigt stadium av detta arbete att det har varit tal om att man skulle lista vilka flamskyddsmedel, som skulle få användas. Detta har dock tagits bort från standardförslaget. Ledamöterna inom denna arbetsgrupp i CEN insåg snart att flamskyddskemien måste behandlas separat.

Tabell 3: Några exempel på brandkrav och korresponderande brandstandarder som bygger på dels FFA, UK Furniture and Furnishings Fire Safety Regulations, övriga europeiska länders samt internationella transportorganisationers brandkrav

Produkttyp	Typ av eldkälla	Exempel på risk	Standard eller motsvarande
Sittmöbler	Glödande cigarett	Rökning i möbler	Provning enligt EN 1021-1. Nationella krav i flera EU-länder
Sittmöbler	Glödande cigarett	Rökning i möbler	Provning enligt UFAC (<i>The Upholstered Furniture Action Council</i>) Frivilliga branschkrav, som följs av många tillverkare i USA
Sittmöbler	Antändning med liten gaslåga	Ovarsamhet med öppen eld	Provning enligt EN 1021-2. Nationella krav i några EU-länder. Krav på svårantändlighet vid inköp till exempelvis hotell.
Sittmöbler m.m.	Antändning med brinnande trä	Ovarsamhet med eld	Provning enligt BS 5852, eldkälla 5. Krav för konsumentmiljö på stoppningsmaterial till möbler, madrasser och dynor i UK. Medium risknivå för offentlig miljö i UK enligt BS 7176
Sittmöbler	Antändning med brinnande trä	Ovarsamhet med eld/pyromani	Provning enligt BS 5852, eldkälla 7. Hög och mycket hög risknivå för offentlig miljö i UK enligt BS 7176
Sittmöbler, fartyg	Glödande cigarett och liten gaslåga	Rökning, ovarsamhet med eld	Provning enligt IMO Resolution A.652 (16): 1989. Krav på svårantändlighet
Sittmöbler, tåg	Antändning med brinnande trä	Ovarsamhet med eld/pyromani	Provning enligt BS 5852, eldkälla 7. Krav för säten i X2000-tåg

Sittmöbler, tåg	Antändning med brinnande papper	Ovarsamhet med eld/pyromani	Provning enligt UIC 564-2, app. 13. Används av centraleuropeiska tågbolag
Sittmöbler, flygplan	Antändning med oljebrännare	Eld ombord	Provning enligt FAA 23.853. Krav på självslocknande tillämpas av de flesta flygbolag
Madrasser, sängar	Antändning med cigarett	Sängrökning	Provning enligt EN 597-1. Krav på svårantändlighet i flera europeiska länder
Madrasser, sängar	Antändning med cigarett	Sängrökning	<i>Code of Federal Regulations (CFR)</i> Provning enligt 16 CFR del 1632 (USA) Generella krav på svårantändlighet i USA
Madrasser m.m. fartyg	Glödande cigarett och liten gaslåga	Rökning, ovarsamhet med eld	Provning enligt IMO Resolution A.688 (17):1991. Krav på svårantändlighet
Madrasser, sängar	Antändning med brinnande trä	Ovarsamhet med eld	Provning enligt BS 6807, eldkälla 5. Medium risknivå för offentlig miljö i UK enligt BS 7177
Madrasser, sängar	Antändning med brinnande trä	Ovarsamhet med eld/pyromani	Provning enligt BS 6807, eldkälla 7. Hög och mycket hög risknivå för offentlig miljö i UK enligt BS 7177
Madrasser, sängar	Antändning med gasbrännare	Ovarsamhet med eld/pyromani	Provning enligt California Technical Bulletin 603. Krav på begränsad värme- och rökutveckling från 2005. Andra stater väntas följa efter.
Hängande textilier	Gaslåga + värmestrålare	Ovarsamhet med eld	Provning enligt EN 1101, EN 1102 och EN 13772 samt klassning enligt EN 13773. Dessa standarder förväntas successivt ersätta befintliga nationella standarder. Kraven förväntas inte bli gemensamma i de olika länderna.
Hängande textilier	Kraftig gaslåga	Ovarsamhet med eld	NFPA (<i>National Fire Protection Association</i>) NFPA 701 (USA). Krav på självslocknande
Hängande textilier, fartyg	Gaslåga	Ovarsamhet med eld	Provning enligt IMO res. A.471 (XII), 1981 Krav på självslocknande produkter.
Inredningsmaterial i bilar	Gaslåga	Ovarsamhet med eld	Provning enligt ISO 3795 och motsvarande. Krav på begränsad flamspridningshastighet ställs i FMVSS 302 (USA), direktiv 95/28/EG och av enskilda biltillverkare.

Alternativ till dekaBDE

Det finns etablerade flammhämmande ämnen samt tänkbara nya varianter, som baseras på andra synergistiska kombinationer som möjliga ersättningar till antimon-dekaBDE. Dessa kan vara

- ⇒ organiska fosforföreningar eller fosfor-klorföreningar
- ⇒ aluminium och zinkhydrat
- ⇒ svällande (intumescenta) system
- ⇒ nya synergistiska kombinationer exempelvis antimon – brom/fosfor – kisel
- ⇒ ytaktiva fibersystem
- ⇒ system med ymsampolymerer

Alternativt kan man maximera effekten av flamskyddsmedlet genom att utveckla ytaktiva fibersystem, exempelvis system med ymsampolymerer som kan vara svårantändliga i sig själva. För närvarande finns inga etablerade kommersiella effektiva totalersättningsmedel, även om man kan minska koncentrationerna av antimon:dekaBDE genom att delvis ersätta dem med fosforbaserade system. I nyligen publicerade arbeten har hypotesen framlagts att totalersättning kan vara möjlig med hjälp av fosforbaserade system *om de blir flytande*, antingen när de smälter eller genom att de sönderfaller till flytande ämnen under den inledande pyrolysen. Detta skulle göra att den textila bäraren väts och den flammhämmande effekten överförs till framsidan av t.ex. en baksidesbeläggning.

Några exempel på kommersiella alternativ till antimon:dekaBDE synergien

Detta avsnitt beskriver några av de på marknaden dominerande kommersiella alternativen till antimon:dekaBDE för olika textila material, och är en utvecklad beskrivning av den generella översikt som finns i tabell 4.

Tabell 4 .Vanligt förekommande beständiga våtkemiska flamskyddande behandlingar samt flambeständiga fibrer

FIBER	FLAMSKYDD	BEHANDLING
Naturfiber		
Bomull	Organofosfor och kväveinnehållande monomerer eller reaktivgrupper. Antimon-organo-halogen system	F F
Ull	Zirkonium hexafluorid komplex	F
Regenererad		
Viskos	Flamskyddsmedel tillsatser: organofosfor och kväve/svavelinnehållande; polykiselsyra komplex	A A
Syntet		
Polyester	Organofosfor komponenter	C/A
Modakryl	Halogenerade föreningar (35-50 % w/w)	C
Polypropen	Halo-organic föreningar vanligen som brom derivat	A
Flambeständiga:		
Polyhaloalkener	Polyvinyl klorid Polyvinyliden klorid	H
Polyaramider	Poly(m-fenylen isoftalamid) Poly(p-fenylen tereftalamid)	Ar
Poly(aramid-arimid)		Ar
Polybensimidazol		Ar
Karboniserad akryl		Ar

Not:

- F : kemisk efterbehandling
- A : additiv tillsats vid fibersmältspinning
- C : modifierad sampolymer. Sampolymerer är uppbyggda av två eller flera olika monomerer.
- H : homopolymer som är uppbyggda på en enda typ av monomer.
- Ar : aromatisk homo- eller sampolymer

Intumescenta (svällande) system

Intumescenta system har funnits sedan 1940-talet då främst i målarfärg. Ett flertal intumescenta system med koppling till textila applikationer har funnits på marknaden i ca 20 år där de visat sin stora potential med framgång.

Flertalet textila applikationer med flamskydd är konstruerade att minska risken att antändas samt att sprida brand i materialet. Flamskyddade material ska, utöver sin förmåga att inte antändas och sprida brand, fungera som en barriär för underliggande lager av material, så att branden inte fortplantar sig genom hela strukturen. Typiska applikationer idag med behov av dessa

egenskaper är madrassöverdrag, möbelstoppning samt skyddsbeklädnader. I dessa sammanhang och för andra applikationer av belagda textila material kan svällande eller intumescenta, som de ibland benämns, system med fördel vara alternativ till andra flamskyddsbehandlingar baserade på bland annat antimon:dekaBDE synergenen.

Systemet baseras på bildandet av expanderad koltjära, som dels fungerar som en isolerande barriär mot hetta men även som rökgasfälla.

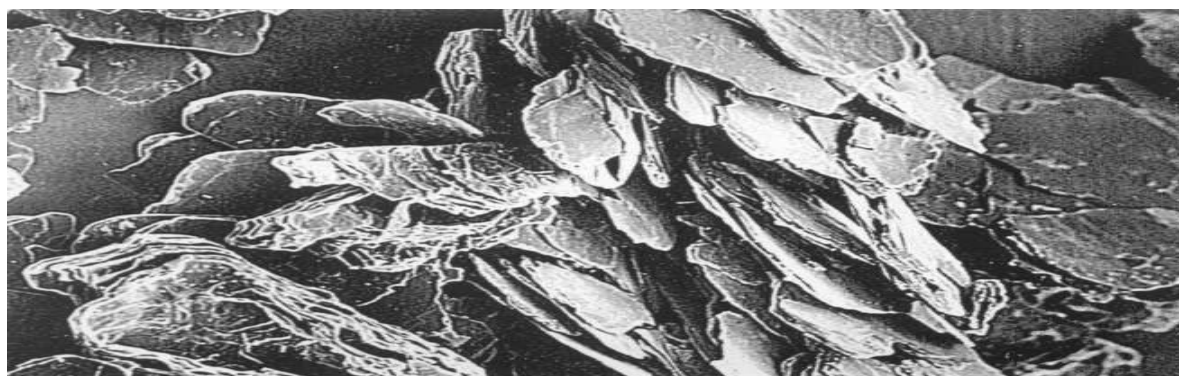


Bild 1: *Expanderbar grafit – vid upphettning expanderar grafitten 150 till 200 gånger och fungerar som en mycket effektiv rökgasfälla.*

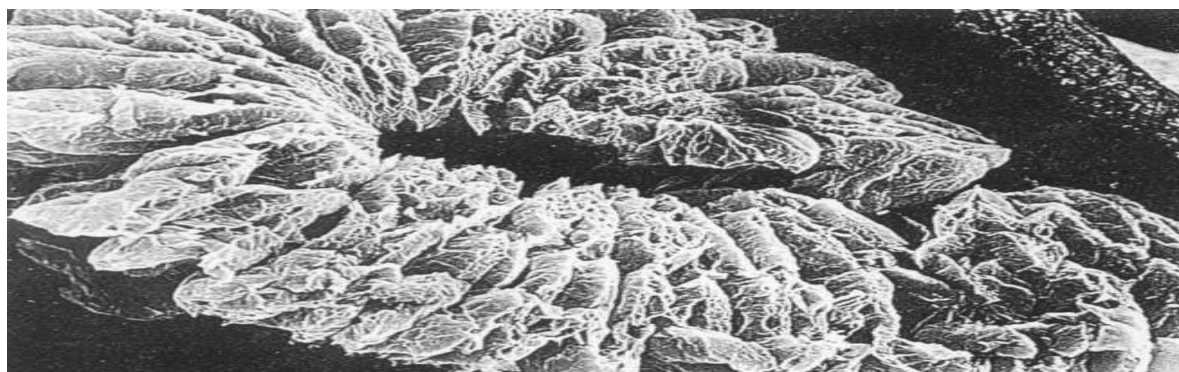


Bild 2: *Expanderad grafit – reflekterar 50 % av strålningsvärmens vid brand och är en god isolator.*

Effekten av intumescenta system i samband med brand beror på typ och tillsatt mängd av intumescens system. Intumescens är inte enbart specifika system baserade på expanderad grafit. Egenskapen finns även hos en rad fibrer som förekommer i textila sammanhang. Ull är ett sådant exempel. Bild 3 nedan illustrerar tjärbildningen i samband med förbränning av ull.



Bild 3: Tjärbildning på matta av ull.

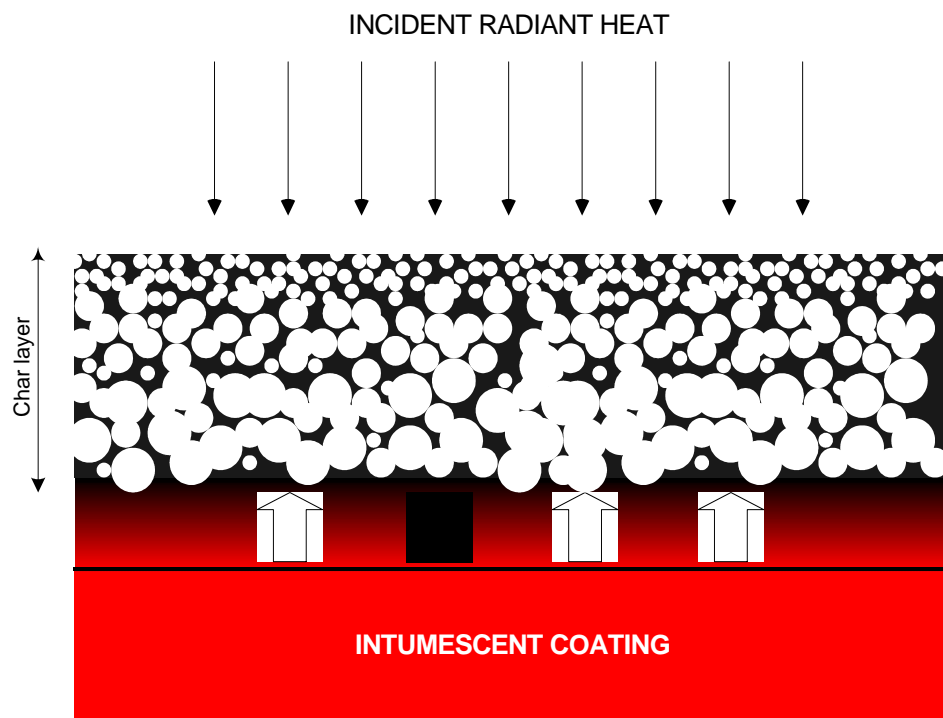
Flamresistiva fibrer beter sig i princip på samma sätt som ull genom att de inte pyrolyserar vid temperaturer kring 450°C och däröver, samt att de efter hand bildar ett tjärliknade isolerande skikt till skillnad från konventionella textild fibrer som redan antänts vid dessa temperaturer.

Hur fungerar intumescenta system?

Intumescenta system består av tre komponenter nämligen

- ⇒ sur källa
- ⇒ kolkälla
- ⇒ gaskälla

Syran fungerar troligen som en katalysator då kolkällan sönderfaller under gasbildning exempelvis vattenånga. Syran kan även vara en förening som bildar syra i kontakt med värme. Kolkällan består av polyoler (polyalkoholer) som förlorar sitt väte och bildar ett ”*kolskum*” av lämplig täthet och tjocklek för att åstadkomma ett bra brandskydd mot fortsatt spridning av eld.



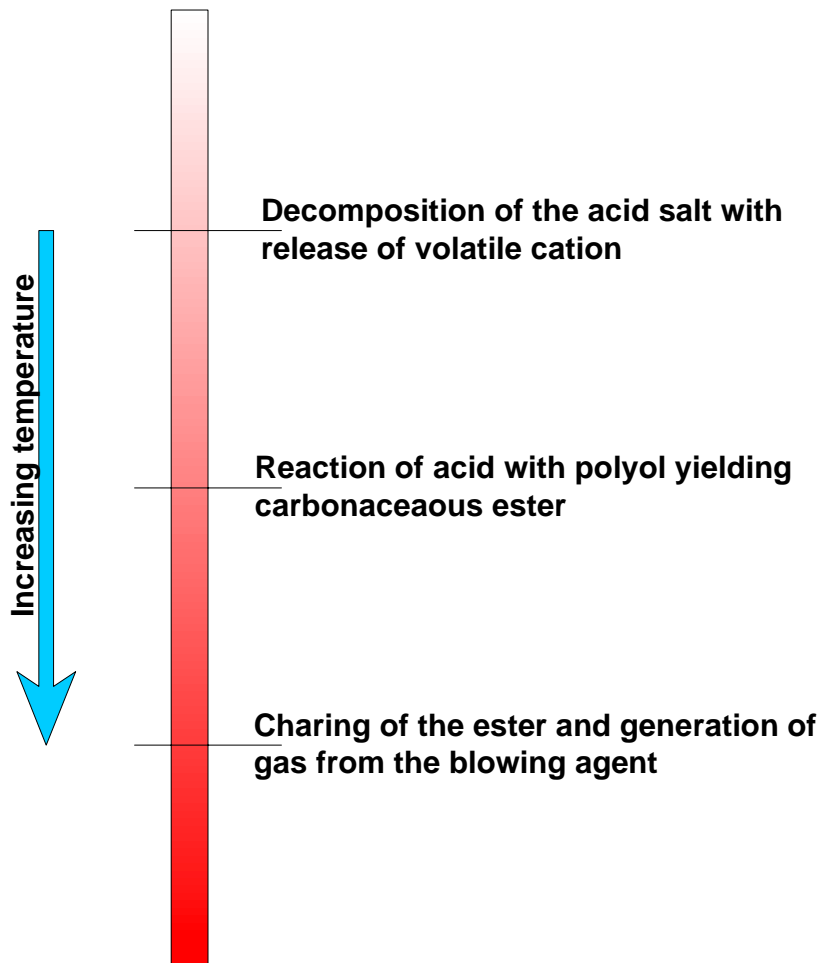
Figur 3: Troligt förlopp med ett intumescent system utsatt för värme

Gaskällan är den tredje komponenten. Det bildas gaser som inte är brännbara exempelvis saltsyra, ammoniak, vatten eller koldioxid beroende på hur det kemiska systemet ser ut. De vanligaste intumescenta systemen anges i tabell 5 nedan.

Tabell 5: lämpliga kemiska ämnen för intumescenta system

			temperatur (°C) för sönderfall
Dehydratiserande ämne Karboniserande ämne som frigör syra för esterifiering av hydroxylgrupper	Monoammonium fosfat	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	147
	Diammonium fosfat	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	87 and 147
	Ammonium Polyfosfat	$(\text{NH}_4\text{PO}_3)_2$	215
	Melamin fosfat	$\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$	300
	Guanyl urea fosfat	$\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_4\text{O} \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$	130
	Urea fosfat	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$	
	Diammonium sulfat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	
	Ammonium tetraborat	$(\text{NH}_4)_2\text{B}_2\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	
Karboniserande ämnen	<i>Polyoler</i>		
Innehåller stora mängder kol Termisk nedbrytning som resulterar i kolskelett	Erythritol	$\text{C}_4\text{H}_6(\text{OH})_4$	
	Pentaerytritol	$\text{C}_5\text{H}_8(\text{OH})_4$	
	Pentaerytritol dimer	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}(\text{OH})_6$	
	Pentaerytritol trimer	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}(\text{OH})_8$	
	Arabitol	$\text{C}_5\text{H}_7(\text{OH})_5$	
	Sorbitol	$\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_6$	
	Inositol	$\text{C}_6\text{H}_6(\text{OH})_6$	
	<i>polyhydro fenoler</i>		
	resorcinol	$\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_2$	
	<i>sockerarter</i>		
	Glukos	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	
	Maltos	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	
	Arabinos	$\text{C}_5\text{H}_6\text{C}_4$	
Dextrin	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$		
Stärkelse	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$		
Gas källor	<i>Ämne</i>	<i>Gasers som bildas</i>	temperatur (°C) för sönderfall
Producera icke brännbara gaser i samband med den termiska nedbrytningen	Dicyandiamid	$\text{NH}_3, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$	
	Melamin	$\text{NH}_3, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$	300
	Guanidin	$\text{NH}_3, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$	160
	Glycin	$\text{NH}_3, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$	233
	Urea	$\text{NH}_3, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$	130
	Klorparaffiner	$\text{HCl}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$	160-350

Brandförloppet i samband med intumescens kan illustreras enligt figur 4 nedan



Det intumescenta systemen komponeras beroende av varje specifik situation såsom

- ⇒ önskade flamskyddande egenskaper
- ⇒ polymersammansättning i aktuell applikation
- ⇒ eventuell närvaro av fyllmedel och additiver i de aktuella polymersystemen

Efter allt gott som nämnts om intumescenta system så kommer frågan om det finns problem då tillämpningar inom textil fortfarande är under utveckling. Det främsta skälet till detta är att dessa system kräver särskilt handlag vid applikation på t.ex. en baksidesbeläggning för att systemet ska fungera som tänkt. Då trekomponent systemet är stabilt och i fast form så gäller det att hitta de bästa betingelser och kombinationer av de tre olika komponenterna i en jämnt och väl fördelad dispersion i den textila applikationen för önskat flamskydd.

Flamskydd av cellulosa

Cellulosabaserade fibrer dominerar inom textilindustrin. Bomull är den i särklass enskilt största globalt använda fibern inom textilindustrin. Den representerar knappt 50 % av världsproduktionen eller ca 25 miljoner ton per år detta är mycket mycket beroende av bomullens dess höga innehåll av cellulosa, som är ca 94 %. Den globala handelstrenden talar dock för att

andelen naturfiber total kommer minska de närmaste åren på bekostnad av syntetiska fiberalternativ, främst polypropen och polyester.

Teoretiskt skulle antimon:dekaBDE synergen kunna tillämpas för att flamskydda cellulosa exempelvis bomull. Denna typ av föråldrade applikation är mycket sparsamt beskriven i litteraturen. Idag dominerar fosforkemin. Några av dessa fosforbaserade kemikalier som förekommer kommer kort beskrivas i följande avsnitt

Dimetylfosfono (N-metylol) propionamid förekommer i en rad kommersiella cellulosa baserade applikationer sedan några årtionden tillbaka och är en av de överlägset använda flamskyddskemikalierna för flamskyddad cellulosa. Molekylen är kemiskt bunden till cellulosan via ett harts, exempelvis melaminharts vilket innebär att flamskyddet anses vara ¹tvättbeständig., vilket kan vara ett viktigt krav i vissa applikationer , exempelvis arbets och skyddskläder, under förutsättning att gängse tvättråd följs.

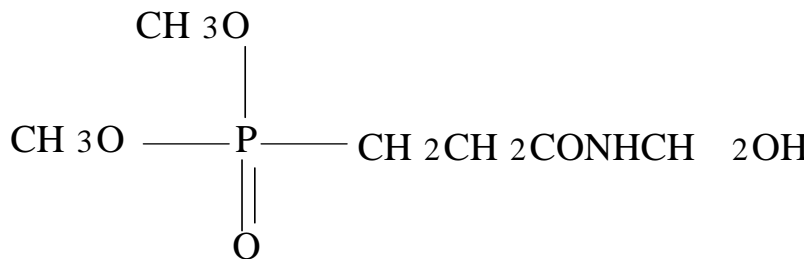
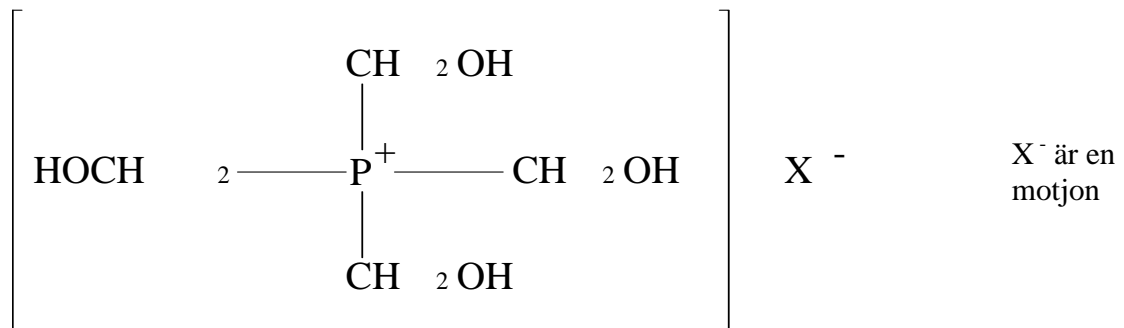


Fig 5: *Dimetylfosfono (N-metylol) propionamid*

Genom den kemiska reaktionen modifieras cellulosan på ett sådant sätt att den blir svårare att förbränna samtidigt som andelen emitterade rökgaser vid förbränning minskar. En nackdel med denna kemiska våtbehandling är emission av formaldehyd från hartset i samband med den kemiska reaktionen mellan harts, flamskyddsmedel och cellulosapolymeren. På senare tid har marknaden utvecklat hartser som emitterar mycket låga eller ingen halt av formaldehyd. Flamskyddsbehandling, mestadels beroende på hartset, kan även tendera att missfärga den textila produkten, vilket kan vara ett problem ur designsynpunkt. En annan mycket vanlig forforbaserad flamskyddskemikalie är *tetrakis (hydroxymetyl)fosfonium urea ammoniumsalt* .Applikationer med detta salt kräver licens på marknaden, då en särskild ammoniakbaserad beredning ingår. Detta har resulterat i att dess spridning inte är lika utbredd som behandlingen med dimetylfosfono (N-metylol) propionamiden. Tetrakissaltet polymeriseras med ammoniak i cellulosafibers hålrum och hålles fast så hårt att behandlingen betraktas som tvättbeständig. Dess funktion ur brandsynpunkt är i princip densamma som för dimetylfosfono (N-metylol) propionamiden.

¹ En textil produkt behandlad med ett flamskyddmedel, som klassas som tvättbeständigt, ska minst klara ett tiotal tvättyckler med bibehållna flamskyddsegenskaper



Figur 5: *Tetrakis(hydroxymetyl)fosfonium urea ammoniumsalt*

Tetrakismolekylen har ett brett spektrum av textila tillämpningar från kläder till interiöra produkter. Det finns även en rad semi och icke tvättbeständiga behandlingar för cellulosebaserade textilier. Dessa baseras på olika oorganiska salter och metallers föreningar med bor. Dessa anses inte ge lika gott flamskydd som de tvättbeständiga behandlingarna men anses tillräckliga i vissa applikationer som inte ska tvättas särskilt ofta. De är dessutom i regel billigare behandlingar än de tvättbeständiga behandlingarna.

Flamskydd av ull

Ull är, som alla proteinfibrer, i sig flambeständig. I vissa applikationer inom transportväsendet t.ex. flyget är denna inneboende egenskap inte tillräcklig. Mattor avsedda för flygplan, där särskilt hårda brandkrav gäller, gjorda av 100 % ull eller övervägande andel ull flamskyddsbehandlas ofta med *zirkonium hexafluorid salter*, vars primära funktion är att förstärka ullens förmåga att förkolna och avge sina vanligtvis mycket toxiska rökgaser i mindre omfattning. I äldre litteratur från 1970- talet och tidigare finns klorbaserade flamskyddsalternativ beskrivna men huruvida de används idag och i vilken omfattning är inte tydligt beskrivet i senare källor.

Flamskydd av polyester

Polyester tillhör de vanligast använda textilfibrerna i världen. Världsproduktionen på fibersidan ligger på ca 30 %. Spännvidden i textila applikationer är mycket bred inom såväl beklädnad, tekniska applikationer som interiör. Fibern förekommer även i alla tänkbara applikationer där krav på hög brandsäkerhet ställs. Obehandlad polyester är en kraftfull brandkälla. Materialet orsakar smältskador på användaren i samband med brand och brinner med "droppande" låga ungefär som ett stearinljus. Den i särklass vanligaste flamresistiva tillämpningen som finns idag bygger på en med fosfor inbyggd modifierad version av den vanligaste polyestern, polyetylentereftalat.

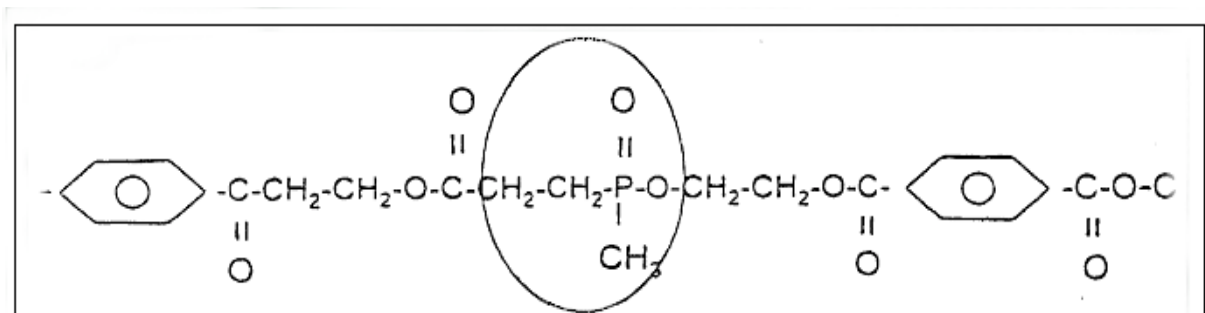


Fig. 6: *Flambeständig modifierad polymer av polyester*

Den modifierade polyestern används i flertalet textila applikationer med höga krav på flamskydd och kan sägas vara en god ersättning till antimon: dekaBDE synergenen.

Flamskydd av polyuretan

Polyuretan (PUR) är en ur komfortsynpunkt svårslagen och unik grupp polymera material som förekommer i såväl stoppade sitt och liggprodukter som i belagda textila produkter. Det pågår en rad forskningsprojekt världen över att hitta lämpliga alternativ ur komfortsynpunkt till polyuretan med spridd framgång, då det finns problem i samband med sluthantering av PUR.

Polyuretanskum tillhör en kategori material som med nödvändighet betingar ett högt krav på brandskydd, då bland annat innehållet av syre är markant. Några av de flamskydd som fungerar som ersättare till antimon:dekaBDE, baseras idag på klorerade fosfatestrar. Några av dessa är

⇒ Tris(1-klor-2-propyl) fosfat (TCPP)

⇒ Tris(1,3-diklor-2-propyl) fosfat (TDCPP). Den används, förutom i PUR, i latex och hartser.

⇒ Tris(2-kloretyl) fosfat (TCEP). Den förekommer i belagda textila applikationer.

Utöver de beskrivna klorerade fosfatestrarna ovan, så är även de intumescenta systemen mogna alternativ till antimon:dekaBDE synergenen i synnerhet för belagda applikationer. För att framgångsrikt kunna använda de intumescenta systemen så krävs goda kunskaper om intumescens och tillhörande teknik vid applicering i produkten.

Flamskydd av polyamid

I flertalet applikationer av polyamid är brandkraven inte uttalade. Fibern förekommer vanligtvis i olika former av lättare kläder där dessa krav är ovanliga. I de fall brandkrav ställs klarar normalt polyamiden brand utan tillsats av flamskydd. I de ovanliga fall flamskydd förekommer baseras de i regel på additiva fosforkemikalier som tillsätts redan vid fiberspinningen och därmed byggs in i polyamiden från start.

Flamskydd av polyolefiner

Inom den textila världen ökar användningen av polyolefiner främst på grund av polymerernas låga vikt. Då samtliga dessa polymerer kan betraktas som kondenserad olja så är de att betrakta som kraftfulla brandkällor. Den vanligaste polyolefinen med textilanknytning är polypropen (PP). Tapeter är ett exempel på vanliga PP-applikationer. Det finns flera olika tekniska möjligheter att flamskydda PP såväl med och utan halogener, där det additiva flamskyddsmedlet tillsätts i polyolefin-smältan i samband med fiberspinningen.

Flambeständiga fibrer

Inom denna kategori finns en rad fibermaterial som används där det ställs mycket höga krav på brandsäkerhet. De förekommer ofta i samband med brandkrav för dräkter till brandmän och andra motsvarande utsatta yrkesgrupper. De flambeständiga materialen kan delas in i polyhaloalkener och polyaramider. Till gruppen polyhaloalkener hör polymerer som består av halogener, exempelvis PVC.

Den andra kategorin flambeständiga fibrer är polyaramider. De används då exceptionella brandkrav ställs exempelvis för brandmän. De är i regel dyrare än andra flamskyddade material men har i övrigt överlägsna brandskyddande egenskaper. Polyaramiderna förekommer knappast i applikationer med mer moderat ställda brandkrav såsom offentlig interiör.

Slutsatser

Det finns ingen dokumentation i standarder eller andra dokument med brandkrav som beskriver eller åberopar särskilda flamskyddsbehandlingar för att kraven skall uppnås. Däremot är det ett absolut krav och obestridligt faktum att produkten skall klara den eller de brandstandarder som åberopas i kravställningen för att den överhuvudtaget ska vara säljbar.

Enligt IFP Research egen erfarenhet och långa medverkan i Europastandardiseringen kring brandkrav, så är det tillverkarens sak att själv lösa dessa problem, samtidigt som han dock måste ta hänsyn till olika föreskrifter, som förbjuder eller avråder från användning av vissa kemiska produkter.

Det finns sedan årtionden tillbaka flertalet alternativ till antimon:brom synergenen, där bland annat användningen av dekabromdifenyleter ingår. Utvecklingen de senaste 20 åren med nya miljökrav på flamskyddsmedel har lett till att de internationellt stora kemikalietillverkarna intresserat sig för halogenfria alternativ.

Ett av de huvudsakliga skälen till att organiska bromföreningar fortfarande används istället för dessa halogenfria alternativ, beror på en rad faktorer varav endast ett fåtal är av teknisk art. Bland de vanligaste orsakerna till att alternativen inte alltid gör sig gällande, beror på att marknaden helst vill använda sig av väl beprövade flamskyddsmedel i paritet med lågt pris. I den händelse att flamskyddet inte skulle klara ställda brandkrav enligt gällande standarder som marknaden och i viss mån samhällets aktörer åberopar, så kan detta få katastrofala brandolyckor med dödsoffer som följd. Det kommer därför att dröja många år innan utfasningen av halogenbaserade system är fullständig, såvida inte en snar framtida internationell lagstiftning i kombination med kundkrav tar form som samtidigt tar hänsyn till miljö och brandsäkerhetskrav på bred front. Först då kommer det finnas ett idag saknat incitament för marknaden aktörer att tillämpa de kommersiellt gångbara halogenfria alternativen, som idag inte anses ekonomiskt och traditionellt attraktiva på dagens internationella marknad.

De flamskydd som troligen slutgiltigt kommer att helt ersätta antimon:dekaBDE med klara regelverk som stöd, är de intumescenta systemen samt fosforkemin. I vissa applikationer kommer även de flambeständiga fibrerna i kombination med brännbara fibrer med framgång att användas. För vissa applikationer återstår dock en del brandrelaterade problem att lösa, exempelvis för PUR-skum, men även denna utveckling kommer att accelerera då de halogenerade alternativen generellt inte längre har en roll att spela i det internationella uthålliga samhället. Det är nu lagstiftarnas sak att skapa detta incitament. Tekniken är redan här.

Begrepp och använda förkortningar

IMO, International Maritime Organization, tidigare (1948-82) IMCO, Inter-Governmental Maritime Consultative Organization, organisation initierad 1948 av FN med syfte att ge en form för internationellt samarbete kring regler och praxis som styr säkerheten till sjöss. En konvention utarbetades, vilken trädde i kraft 1958. Året därpå hade organisationens högsta policyskapande församling (The Assembly) sitt första möte. Den har därefter sammanträffat vartannat år. En rådsförsamling (The Council) möts två gånger om året för att fatta beslut om nya bestämmelser och riktlinjer, vilka utarbetats av organisationens kommittéer. IMO behandlar frågor som rör konstruktion och utrustning, fribord, tonnagemätning och stabilitet, radiokommunikation, livräddningsutrustning, **brandskydd**, transport av farligt gods och skydd av havsmiljön.

Samverkan med klassningssällskap och nationella sjöfartsmyndigheter är stark.’

UIC, Union Internationale des Chemins de fer, Internationella järnvägsunionen.

Organisationen har sitt säte i Paris och har (1999) 142 medlemmar, bland dem Banverket och SJ. UIC bildades 1922 i syfte att främja samarbetet mellan de olika järnvägsförvaltningarna, representera järnvägsintresset i skilda internationella organisationer samt initiera och sprida forskning inom järnvägsområdet. UIC fastställer och ger ut normer, föreskrifter och rekommendationer

CEN, Comité Européen de Normalisation, europeiskt organ för standardisering utfärdar Europastandarder (EN) inom alla områden utom elområdet. Svensk medlem är SIS. CEN motsvaras internationellt av ISO.

BSI, British Standards Institution, Storbritanniens centrala standardiseringsorgan, medlem av CEN, CENELEC, ISO och IEC. BSI bildades 1901 med namnet British Engineering Standards Association och är världens äldsta nationella standardiseringsorgan. De ger ut British Standards (BS)

ISO, Internationella standardiseringsorganisationen, International Organization for Standardization, det internationella standardiseringsorganet för alla områden utom det elektrotekniska. I. tillkom 1946 och har sitt säte i Genève. ISO. koordinerar sitt arbete med IEC och samarbetar i standardiseringsfrågor med en lång rad internationella och regionala organ samt ger liksom IEC ut internationell standard. Svensk medlem är SIS.

Referenser

1. M. Lewin, S.B Sello (1983), *Handbook of Fiber Science and Technology: Vol II*, "Chemical processing of fibres and fabrics-Functional Finishes- Part B", sid 3- 141.
2. L. Muran, (2003), *Technical Textile Markets 3rd-4th quarter*"Flame Resistant Fibres and Fabrics", sid 11 – 34.
3. M. Carole, d. André, V. Moise,D. René, P. Franck (2003), *Journal of industrial textiles*,"Behaviour of an intumescent system for flame retardant materials coated of polypropylene textiles", vol 32, No 4, sid. 255 – 266.
4. G.C Stevens, A.R Horrocks ((2003), *Journal of industrial textiles*,"Textile back-coating challenges for the UK furnishing fabrics industry; release and exposure of flame retardant species", vol 32, No 4, sid. 267 – 279.
5. M. Cole (juni 2004), *Flame resistance*, "Race is on in bedding industry to meet stringent new flammability standards". Sid 19 – 24.
6. R. Horrocks, S. Zhang, (2004), *Textile Research Journal*, "Char formation in polyamides (Nylons 6 and 6.6) and wool keratin phosphorylated by polyol phosphoryl chlorides", sid. 433 – 441.
7. J. Laperre, T. Demeyere, T. Meyvis, B van der Beke, (2002) "Intumescent flame retardant coatings for textiles. An overview", a paper presentation from Centexbel in Belgium.
8. Bromine Science and Environmental Forum, www.bsef.org, "Fact sheet - Brominated Flame Retardant –Deca-BDE"
9. D. Drohmann, (2001), Seminar "Moderne Flammschutzmittel für Kunststoffe", Haus der Technik , Great Lakes Chemical Corporation.
10. UK Furniture and Furnishings Fire Safety Regulations, Statutory Instrument 1988 No 1324, "The Furniture and Furnishings (Fire)(Safety) Regulations 1988"
11. S. Posner (2000), *IFP-rapport*, "Flamskyddsmedel – förekomst och användning".
12. Nationalencyklopedien, www.NE.se



KEMIKALIEINSPEKTIONEN • BOX 2 • 172 13 Sundbyberg • TEL 08-519 411 00 • FAX 08-735 76 98
e-post kemi@kemi.se • www.kemi.se