

Flaskpaket Spirolite

Inledning

Vid en brand i Olofström den 5 december 1994 omkom en brandman i samband med rökdykning. Efter olyckan konstaterades att det flaskpaket Spirolite som rökdykaren använde inte gick att återfylla. Händelsen har beskrivits i ett flertal facktidsskrifter och informationsbrev där det bl a framgår att det inte finns någon koppling mellan dödsfallet och andningsskyddsutrustningen.

Då flaskpaketet inte gick att återfylla beslutade Räddningsverket att låta en oberoende part undersöka materialegenskaperna hos tryckkärl av fiberkompositmaterial för rökdykning. Arbetet initierades i samråd med bl a Haverikommissionen och uppdraget lämnades till en professor vid Kungliga tekniska högskolan i Stockholm.

Inledningsvis besiktigades det havererade flaskpaketet. För att få referenser undersöktes ett antal flaskpaket som använts rutinmässigt vid en av Räddningsverkets skolor. Vid denna undersökning iaktogs blåsformiga defekter, brunaktig beläggning samt kornformiga partiklar i några av flaskorna. I detta skede kopplades leverantören Interspiro samt tillverkaren ABB Plast in för att delta i utredningen. Efter att användning av Spiroliteflaskor stoppades vid en av Räddningsverkets skolor samt ett antal kommuner informerade Räddningsverket samtliga kommuner om arbetsläget i skrivelse Dnr R616-1 /95 dat 1995-02-07.

Utredningen har därefter koncentrerats på följande:

- * att analysera de kornformiga partiklarna
- * att analysera orsaken till beläggningen på innerskiktet
- * att ta reda på hur de blåsformiga defekterna uppkommer
- * att studera materialegenskaperna i extrem miljö
- * att ta fram statistik för att få en uppfattning om Spiroliteflaskornas status

Resultat av arbetet lämnas nedan.

Flaskpaket från Olofström

Den utvändiga, visuella inspektionen av flaskorna, visade att den utåt vettande sidan hos den ena flaskan utsatts för så hög temperatur att plastmellanlägget under fastspänningsringarna smält och pressats ut. Ingen förkolning av epoxiplasten i flaskans ytterskikt kunde iaktas. Dock finns tunna sprickor längs fiberbuntarna hos båda flaskorna. Tryckprovning under vatten (mindre än 50 bar) visade omfattande läckage dels längs hela den kraftigast värmeutsatta sidan och dels kring bottenförslutningen.

Läckaget skedde dels "diffust" genom ett stort antal mindre hål och sprickor i kompositskiktet och dels koncentrerat till ett hål med en diameter av c:a 1 mm.

Den invändiga, visuella besiktningen som utförts med endoskop, uppskärning av den havererade flaskan och den efterföljande uppsnittningen och mikroskoperingen av innerskiktet visade att:

- * blåsor finns av samtliga typer definierade under avsnitt "Blåsbildning".
- * två långsgående inbucklingar har bildats. Den större sträcker sig från flaskans överdel till c:a 10 cm från dess botten. Den är avrundad mot båda ändarna. Bucklan har en bredd i basen på c:a 4 cm och har en höjd av c:a 2 cm. Den mindre bucklan är c:a 2 cm i basen och mindre än 0,5 cm hög. Dess längd har inte kunnat fastställas, eftersom den successivt släpper från ytterskiktet.
- * en spricka med längden c:a 5 mm, som går genom innerskiktet, finns vid basen av den större inbucklingen, där denna möter en blåsa av Typ 2 enligt avsnitt "Blåsbildning".
- * ett sekundärt skadeområde med mindre icke genomgående sprickor finns i anslutning till den genomgående sprickan. I detta område finns även två blåsor av Typ 3 samt ett fält med små tvärgående nålsprickor.

Partiklar

Prov av partiklarna har analyserats av Sveriges Provnings- och forskningsinstitut (SP). Analysen visar att partiklarna består av kiseldioxid (SiO₂). Förekomst i luftflaskor utgör rester av ett torkmedel, Silicagel, som används vid tillverkning av flaskorna. Metoden har använts under lång tid, även för stålflaskor. För ett par år sedan byttes tillvägagångssätt för att avlägsna torkmedlet så att det spolats ut med varmt vatten och varm luft under högt tryck. I nyare produktion bör det därför inte finnas några torkmedelsrester. Enligt Interspiro påverkar förekomst av dessa partiklar inte Spiromaticutrustningens funktion.

Beläggning

Den beläggning på innerskiktet som iakttagits hos vissa flaskor utgörs av en antioxidant. Tillsats av antioxidanter är vanlig vid plasttillverkning t ex för att göra materialet mera lättbearbetat. På grund av temperaturskillnader mellan innerskiktets ut- och insida kan i vissa fall utfällning av ämnet ske på den kalla sidan (insidan). Antioxidanter förekommer i en mängd olika sammansättningar. De här aktuella är enligt ABB livsmedelsklassade. Utfällning av antioxidant påverkar inte flaskans funktion. Undersökning av beläggningen har gjorts av ABB Plast i Piteå, ABBs forskningscenter i Västerås samt leverantören av innermaterialet.

Blåsbildning

Hos vissa flaskor finns blåsformiga defekter i innerskiktet. Beroende på var i innerskiktet blåsorna bildas får de olika utseende. Tre typer har identifierats,

- * Typ 1 är kraterliknande och ligger i ytan.
- * Typ 2 som ligger djupare in och ger en rundad upphöjning i innerskiktet.
- * Typ 3 som ligger långt in i innerskiktet (nära ytterskiktet) och ger mycket liten upphöjning i innerskiktet.

Blåsorna kan bildas om det finns någon typ av inhomogeniteter i materialet. Det mesta tyder på att för hög fukthalt i materialet vid tillverkningen av innerflaskan är orsaken. Luften i flaskan (300 bar) diffunderar in i innerskiktet och når en hålighet där ett gastryck byggs upp. Då flaskan töms och trycket minskar sväller håligheten upp. Vid undersökningen har kunnat konstateras att det finns en koppling mellan innermaterialets tillverkningsbatch och frekvensen på blåsbildning i färdiga flaskor. Undersökning av blåsbildningen har gjorts av ABB Plast i Piteå, ABBs forskningscenter i Västerås, leverantören av innermaterialet samt en professor vid KTH i Stockholm.

Materialegenskaper i extrem miljö

Några vedertagna provningskriterier för detta ändamål finns inte. I stället har ett resonemang förts om vilka förhållanden som är svårast sett ur materialsynpunkt kopplat till en rökykarsituation i extrem miljö. Resultatet av detta blev att prov borde omfatta en längre period med relativt hög värmebelastning som sedan stegras ytterligare på slutet. I detta fall byggs temperaturen upp i fiberkompositen (ytterskiktet) och den högsta temperaturen uppnås när trycket i flaskan är lågt.

Prov genomfördes med en starttemperatur på 150° C som ökades till 250° C under 8-9 min innan provet avbröts efter drygt 35 min. C:a 20 bar fanns då kvar i flaskan. Temperaturen mellan ytter- och innerskiktet i flaskorna nådde som högst drygt 140° C. Efter besiktning av flaskan repeterades provet. Inga förändringar i eller utanpå flaskpaketet kunde konstateras.

Dessutom utfördes förstörande prov med temperaturer mestadels över 250° C. Provet avbröts först när luften tog slut efter c:a 30 min. På detta sätt kunde samma typ av skador som förekom i "Olofströmspaketet" simuleras fram. Vid detta prov fungerade luftförsörjningen hela tiden trots att flaskpaketet efteråt uppvisade ett litet läckage. De inbucklingar som på detta vis simulerats uppkommer genom att innerskiktet, som har avsevärt högre termisk utvidgning än ytterskiktet, expanderar vid uppvärmning, släpper från ytterskiktet och bucklar innåt. Teoretiska beräkningar visar också att inbuckling endast kan ske om trycket i flaskan är mycket lågt.

Närmare beskrivning av dessa och ett antal andra försök beskrivs i Teknisk rapport från Interspiro dat 1995-04-20.

Statistik

Totalt har 236 flaskor som använts vid Räddningsverkets skolor undersökts. Av dessa innehåller c:a 45% rester av torkmedel, c:a 40% har beläggning på innerskiktet och c:a 20% har blåsformiga defekter. Det finns en koppling mellan tillverkningstillfälle (batchnummer) hos innermaterialet och förekomsten av blåsor. Hos en batch har blåsor bildats i närmare 60% av antalet flaskor, medan andra batcher är i stort felfria. Antalet blåsor i varje flaska uppgår i några få fall till mellan 10 och 20 st. I övrigt handlar det om enstaka blåsor/flaska.

Diskussion

Försök till återfyllnad av flaskpaketet efter olyckan i Olofström borde inte ha genomförts om anvisningar enligt AFS 1994:38 2§ följts. Detta faktum har inte haft annan betydelse för utredningen än att det inte gått att fastställa om sprickan hos innerskiktet har uppkommit före, eller i samband med, återfyllnadsförsöket. Det bör dock påpekas att gällande regler och rutiner för besiktning och kontroll av denna typ av utrustning noga måste följas för att uppnå en betryggande säkerhet.

Förutsättningarna för att sprickbildning enligt tidigare beskrivning skall uppkomma är en kombination av att:

- * flaskan innehåller blåsor av Typ 2
- * flaskan utsätts för långvarig och kraftig uppvärmning
- * trycket i flaskan är mycket lågt
- * inbuckling av innerskiktet inträffar

Att en skada på utrustningen av denna art skulle uppträda ens under extrema användningsförhållanden får betraktas som mycket osannolikt.

Det råder enighet om att blåsorna härstammar från tillverkningsdefekter, som har relaterats till den använda råvaran och till vissa tillverkningstillfällen. De antas uppkomma genom den pumpeffekt som bildas vid påfyllning (tryckökning) och användning (tryckminskning) av flaskorna i kombination med att luft diffunderar in och bygger upp ett tryck i blåsorna.

Enligt professor Jansson torde viss risk finnas att enstaka blåsor eller att två eller flera blåsor som bildas i närheten av varandra samverkar och ger genomgående sprickor och läckage. Sannolikheten för att läckage av denna typ skall uppkomma torde vara liten och det uppkomna läckaget dessutom begränsat. Förstörande försök har också bekräftat att andningsfunktionen upprätthålls. Eftersom, emellertid, förutsättningarna för denna typ av läckage ökar med högre tryck i flaskan och med höjd temperatur (dvs vid normal användning) torde en utökad invändig visuell inspektion vara nödvändig i kombination med att förekomsten av defekter reduceras så långt det är möjligt i framtida produktion. Gjorda undersökningar lämnar heller inte svar på om antalet och/eller storleken på blåsorna ökar med ökad användning/ålder på flaskorna. Jansson anser därför att en tätare inspektion torde vara nödvändig än de fem år som idag föreskrivs för den mer omfattande

genomgången av flaskorna.

Rekommendationer till tillverkare/leverantör

Materialegenskaperna hos innerskiktet bör förbättras så att blåsor inte uppstår.

Rutiner för kontroller och revisionsbesiktning bör fastställas.

Räddningsverkets ställningstagande

Räddningsverket saknar bemyndigande att föreskriva vilken utrustning som skall eller får användas inom den kommunala räddningstjänsten. Vid räddningsskolorna är respektive skolchef ansvarig för skolans arbetsmiljö och avgör i princip vilken utrustning som får eller skall användas i utbildningen.

Rekommendationen från Räddningsverket centralt till räddningsskolorna är att flaskpaket Spirolite kan användas.

Räddningsverket avser inte att annullera ineliggande order på flaskpaket Spirolite som är lagd för civilförsvarsorganisationens räkning.

Utredningen avslutas i och med denna skrivelse.