

TNO-Defensieonderzoek
AD-A266 750



Lange Kleiweg 137
Postbus 45
2280 AA Rijswijk

Fax 015 - 84 39 91
Telefoon 015 - 84 28 42

TD

92.7.53

TNO-rapport

PML 1992-104

maart 1993

Exemplaar no: 1

De constructie van de Small scale Cook-off
Bomb (SCB) op het PML-TNO

Auteur(s):

J.H.G. Scholtes
J.C. Makkus

DO-opdrachtnummer:

A80/KL/137

Rubriceringen

Rubricering bepaald door:

Ing. J.A. van Gool

Rubriceringsdatum:

12-02-1993

DTIC
NOTE
14 1993

D

DTIC TAB

TDCK RAPPORTENCENTRALE

Frederikkazerne, gebouw 140
v/d Burchlaan 31 MPC 16A
TEL. : 070-3166394/6395
FAX. : (31) 070-3166202
Postbus 90701
2509 LS Den Haag

TDCK

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

TNO

STRIB... STATEMENT
Approved for public release
Distribution Unlimited

Rapport:

ONGERUBRICEERD

Titel:

ONGERUBRICEERD

Samenvatting:

ONGERUBRICEERD

Bijlage(n):

ONGERUBRICEERD

Opplage:

18

Aantal pagina's:

(incl. bijlagen, excl. distr. lijst en RDP)

33

Aantal bijlagen:

3

Accession For	
NTIS CRA&I	☒
DTIC TAB	☐
Unannounced	☐
Justification	
By	
Distribution /	
Availability Codes	
Dist	Avail and/or Special
A-1	

93-15897



93 7 13 031



Nederlandse organisatie voor
toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek

TNO-Defensieonderzoek bestaat uit:
het Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO,
het Prins Maurits Laboratorium TNO en het
Instituut voor Zintuigfysiologie TNO

Samenvatting

In het kader van het project "Thermische Initiatie" is begin 1991 begonnen met de constructie van de "Small scale Cook-off Bomb" zoals beschreven in het UN-aanbevelingen Oranje boek [1] test-serie 1 en 2. Naast het feit dat deze test een bijdrage zal leveren aan het onderzoek op dit terrein zal de constructie en het onderzoek hieraan kunnen bijdragen aan de harmonisatie van de in het UN Oranje boek beschreven testen. Na een literatuuronderzoek is overgegaan tot constructie waarbij bleek dat niet alle gegevens qua maat of type vastliggen. Na enkele inleidende proeven zijn experimenten met TNT, RDX en AN uitgevoerd. Bij het vergelijken met de in het Oranje boek gegeven resultaten bleek dat de voorgeschreven opwarmsnelheid in het UN-voorschrift niet de juiste kon zijn. Tevens was niet duidelijk of de opwarming met constante snelheid (gecontroleerd) dan wel bij constant vermogen uitgevoerd diende te worden. Ook de opsluiting is nog een punt waarover onenigheid bestaat. Om tot een correcte beschrijving van de SCB in het UN Oranje boek te komen zal nog nader onderzoek aan deze punten verricht moeten worden. Na enkele voorgestelde veranderingen in de constructie en beschrijving zal deze eenvoudig uit te voeren test verder gebruikt kunnen worden voor de classificatie van explosieve stoffen volgens testserie 1 en 2 van het UN Oranje boek.

Summary

In the scope of the project "Thermal Initiation" the construction of the "Small scale Cook-off Bomb (SCB) from test series 1 and 2 of the UN Orange Book [1] has been started in the spring of 1991. Besides the fact that this test will contribute to the research program, it contributes to the harmonisation of the tests described in these recommendations of the UN. After some research in literature construction of the SCB was started. During this construction it became obvious that the type and dimensions were not always fully specified in the UN Orange Book. After some preliminary tests, experiments with TNT, RDX and AN were performed. By comparison of our results with those of the UN it became obvious that the prescribed heating rate was not correct. Using a constant controlled heating rate or a constant power was another dissension we encountered, as well as the degree of confinement to use. Further research will be necessary to come to a correct prescription of the SCB in the UN recommendations. After some minor corrections of the construction and its prescription this simple test can still be used for classification of explosive compounds in test series 1 and 2.

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING/SUMMARY	2
	INHOUDSOPGAVE	3
1	INLEIDING	4
2	BESCHRIJVING VAN HET SCB TESTOBJECT	5
2.1	Standaard UN-beschrijving van de SCB	5
2.2	Constructietekening en beschrijving van de PML-TNO-SCB	7
2.3	Temperatuurmeting	9
2.4	Assemblage van een SCB	10
3	TESTEN	11
3.1	Inleidende testen	11
3.2	Testen met explosieve stoffen	13
3.3	Vergelijking met het UN Oranje boek	16
4	DISCUSSIE	18
5	CONCLUSIE	20
6	ONDERTEKENING	21
7	REFERENTIES	21
BIJLAGE 1	KOPIE VAN DE ORIGINELE BESCHRIJVING VAN DE SCB TEST 1(b)(iii) EN 2(b)(iv) UIT HET UN ORANJE BOEK, PAGINA 39-41 EN 67-68	
BIJLAGE 2	LIJST MET ONDERDELEN, CONSTRUCTIETEKENINGEN EN EEN FOTO VAN EEN SCB	
BIJLAGE 3	FOTO'S VAN DE RESULTATEN VAN SCB TESTEN MET EXPLOSIEVE STOFFEN	

1 INLEIDING

In het kader van de opdracht A80/KL/137 wordt onder de projectnaam "Thermische Initiatie" onder andere onderzoek verricht aan de ontwikkeling van testmethoden waarmee de responsie van explosieve stoffen op thermische stimuli kan worden bestudeerd. Dit onderzoek bestaat onder andere uit het ontwikkelen van een eigen Cook-off testopstelling om naast opbouw van ervaring meer inzicht te krijgen in de inwendige warmte en drukprocessen die optreden tijdens een Cook-off reactie. Verder maakt de constructie en het onderzoek aan de standaard UN-SCB test deel uit van dit project.

Begin '91 is begonnen met de constructie van de in de UN-aanbevelingen "Transport of dangerous goods - tests and criteria" [1] beschreven "Small scale Cook-off Bomb" (SCB). Zoals in dit handboek, in het vervolg afgekort met het UN Oranje boek, beschreven staat dient deze test om de reactie van een explosieve stof te kunnen bestuderen wanneer deze wordt blootgesteld aan langzame thermische opwarming zoals bij transport en opslag op kan treden. De test wordt gebruikt in testserie 1 en 2 waarbij de uitvoering identiek is maar de criteria verschillend zijn. De redenen waarom is overgegaan tot de constructie van en het onderzoek aan de SCB zijn:

- de resultaten van deze standaardtest kunnen worden vergeleken met die van onze eigen Cook-off test [4] waardoor ervaring en kennis wordt opgebouwd;
- de SCB test kan toegevoegd worden aan de reeks van testen die reeds op het PML-TNO uitgevoerd kunnen worden;
- te komen tot een correcte beschrijving en uitvoering van deze test waardoor, in het kader van de harmonisering van de testen bij de UN een uitspraak kan worden gedaan.

Na een literatuuronderzoek is tot constructie van de SCB overgegaan. Hierbij bleken enkele onderdelen zoals het thermokoppel (TK), de dop, de verwarmingselementen en doorvoerfittingen niet geheel vastgelegd te zijn zodat gezocht moest worden naar oplossingen die ons inziens zo dicht mogelijk in de buurt van de UN beschrijvingen en eerdere rapporten van Pakulak [2] en [3] lagen. Na enkele inleidende experimenten zijn testen met explosieve stoffen uitgevoerd.

Dit rapport dient op de eerste plaats als naslagwerk van de gegevens en maten van de PML-TNO versie van de SCB-test. Het geeft een volledige en gedetailleerde beschrijving van deze SCB. Ook worden de verschillen met de "standaard" UN-SCB aangegeven. De beschrijving en de assemblage is te vinden in hoofdstuk 2. De resultaten van de inleidende opwarmtesten en de experimenten met explosieve stoffen zijn in hoofdstuk 3 beschreven, waarna in hoofdstuk 4 de discussie en in hoofdstuk 5 de conclusie volgt.

2 BESCHRIJVING VAN HET SCB TESTOBJECT

2.1 Standaard UN-beschrijving van de SCB

De beschrijving van de "Small scale Cook-off Bomb" in het UN Oranje boek is als volgt samen te vatten:

Apparatuur en materialen

De te testen substantie bevindt zich in een stalen vat met een inhoud van 400 cm³ en een wanddikte van 3 mm. Het vat wordt afgesloten door middel van een dop met schroefdraad waarin zich een fitting bevindt voor de doorvoer van één of twee thermokoppeldraden. Twee verwarmingselementen van elk 400 Watt zorgen voor de opwarming van het geheel. Het vat wordt aan de boven- en onderkant ingeklemd door twee stalen getuigeplaten met een dikte van 12.7 mm en lengte en breedte van 135 mm en vier 12.7 mm dikke bouten. De plaattype thermokoppels worden op de helft van de hoogte van het vat aangebracht. Indien er slechts één koppel gebruikt wordt bevindt deze zich aan de binnenkant van het vat en is door middel van een puntlas aangebracht. Een eventueel tweede koppel kan tussen de liner en de explosieve stof aangebracht worden. Het plaattype thermokoppel bestaat uit een nikkel-chroom basisplaatje met een dikte van 0.3 mm en een oppervlakte van 1 cm². Hierop worden door middel van een aantal puntlassen de twee thermokoppeldraden gespreid aangebracht. Dit type thermokoppel is gebruikt om een goede responsie te verkrijgen en een meer representatieve temperatuurmeting.

Procedure

Het vat wordt met de teststof (in vaste, vloeibare, slurry of poedervorm) gevuld. Voldoende ruimte dient aan de bovenkant vrijgelaten te worden zodat ook in geval van een vloeibare vorm de teststof bij opwarming niet boven het deksel uitkomt. De geassembleerde SCB wordt in een veilige testplaats gezet en opgewarmd door twee 400 W bandverwarmingselementen aan 120 V gelijkspan-

ning of wisselspanning aan te sluiten. Recorders kunnen gebruikt worden om de temperatuur van de SCB en de tijd tot Cook-off te meten. De opwarm snelheid wordt op 3°C/min gehouden totdat een reactie optreedt of een temperatuur van 400°C bereikt wordt.

Criteria en methode van resultaatverwerking

Tijd en temperatuur van de explosieve reactie (Cook-off) worden van de recorder afgelezen. Verder wordt de heftigheid van de reactie afgeleid aan de hand van het aantal én de conditie van de scherven van het vat en de conditie van de getuigeplaat. De reactieniveaus die onderscheiden worden zijn de volgende:

voor de testserie 1(b)(iii) geldt:

- (a) Het resultaat van de test wordt als negatief beschouwd als de SCB nog uit één geheel bestaat (niet gescheurd of gefragmenteerd) en de getuigeplaat niet gedeformeerd is of er geponst uitziet;
- (b) het resultaat van de test is positief als een van de volgende condities waargenomen wordt:
 - (i) de SCB is gescheurd;
 - (ii) de SCB is gefragmenteerd;
 - (iii) de getuigeplaat is gedeformeerd;
 - (iv) de getuigeplaat is geponst.

voor de testserie 2(b)(iv) geldt:

- (a) het resultaat van de test wordt als negatief beschouwd indien de SCB uit een geheel bestaat (mag opengescheurd zijn) en de getuigeplaat niet gedeformeerd of geponst is;
- (b) het resultaat is positief indien een van de volgende condities wordt waargenomen:
 - (i) SCB gefragmenteerd;
 - (ii) getuigeplaat is gedeformeerd;
 - (iii) getuigeplaat is geponst.

In de bijlage 1 is een kopie van de originele beschrijving van de SCB te vinden. Verder verwijzen we voor een volledig overzicht en indeling van de test naar het UN Oranje boek [1].

Voor de constructie van de SCB blijken de gegevens uit het UN Oranje boek niet voldoende gedetailleerd te zijn. In het rapport van Pakulak jr. [2], kunnen verdere gegevens over de SCB gevonden worden: "Het cilindrisch vat heeft een binnendiameter van 63.5 mm en een hoogte van 127 mm". Tevens bevat dit rapport nog informatie over de wijze van het lassen van de thermokoppeldraden op het nikkel-chroom basisplaatje.

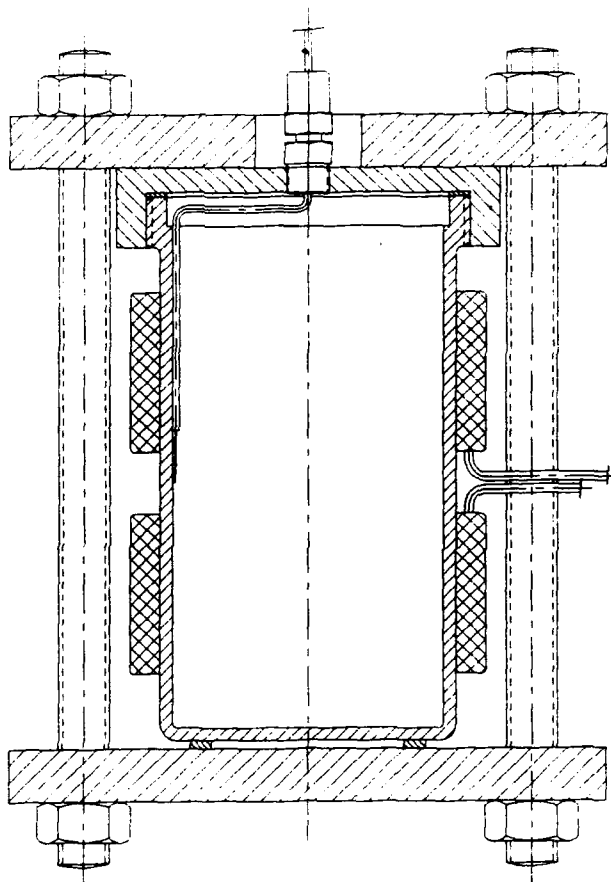
Ondanks deze informatie ligt nog een aantal onderdelen niet volledig vast zoals de breedte van de verwarmingselementen en de maten van de dop. Ook is het gebruikte materiaal en de precieze grootte van de "standoff washers", die zich tussen de bodemgetuigeplaat en de bodem van het vat bevinden, niet te vinden. Verder is niet duidelijk of de gebruikte spanning bij de testen 120 V of 220 en 110 V moet zijn. De getoonde gegevens stammen uit artikel [2] waarbij een spanning van 110 en 220 V gebruikt is terwijl de standaard UN SCB-test een spanning van 120 V voorschrijft.

2.2 Constructietekening en beschrijving van de PML-TNO-SCB

Figuur 1 geeft een samenstellingstekening van de SCB en in bijlage 2 is een foto van de totale SCB te vinden. Voor een volledig overzicht van de onderdelen met de maten wordt verwezen naar bijlage 2. Het cilindrisch vat heeft een inhoud van 400 cm³. De binnendiameter is 63.5 mm de wanddikte 3,0 mm en de inwendige hoogte bedraagt 127 mm. Aan de bovenkant is het vat iets breder zodat een schroefdraad aangebracht kan worden. Hierop wordt, nadat het vat gevuld is met de te testen substantie, een deksel gedraaid waarin zich een thermokoppel-doorvoerfitting bevindt. Hierdoor is het mogelijk de substantie zowel opgesloten als niet-opgesloten te testen. De maten van het deksel (dikte 7 mm) zijn niet in de beschrijving van de UN-SCB gegeven maar zijn aan de hand van de meegeleverde constructietekening te bepalen. Verder bevindt zich tussen het deksel en het vat een teflon ring die voor een goede afsluiting zorgt. Aan het vat worden twee verwarmingselementen vastgemaakt die voor de opwarming van het geheel zorgen. Nadat de ringvormige bandverwarmingselementen (BVE) geïnstalleerd zijn kan het frame, bestaande uit twee stalen platen met een dikte van 12 mm en een oppervlakte van 140 x 140 mm, vier draadeinden en acht bouten, aan het vat bevestigd worden. Tussen de bodemgetuigeplaat en het vat bevindt zich een ring met de taak de bodem van het vat te isoleren van de getuigeplaat¹. Het geheel wordt door middel van vier M12 draadeinden met bijbehorende moeren vastgeklemd. Als laatste wordt uit veiligheidsoverweging een ring tussen de topplaat en één moer gevoegd om het

¹ Hiermee wordt voorkomen dat een eventuele schokgolf direct op de getuigeplaat kan worden overdragen

testobject te aarden. Het testobject wordt geïnstrumenteerd met een plaattype thermokoppel waarop in de volgende paragraaf dieper ingegaan zal worden.



Figuur 1 Een volledig geassembleerde TNO-Small Scale Cook-off Bomb

Tabel 1 geeft de onderdelen van de TNO-SCB met een afwijkende maat ten opzichte van de in het UN Oranje boek [1] beschreven SCB.

Tabel 1 Lijst van onderdelen die qua maat verschillen van de UN-SCB

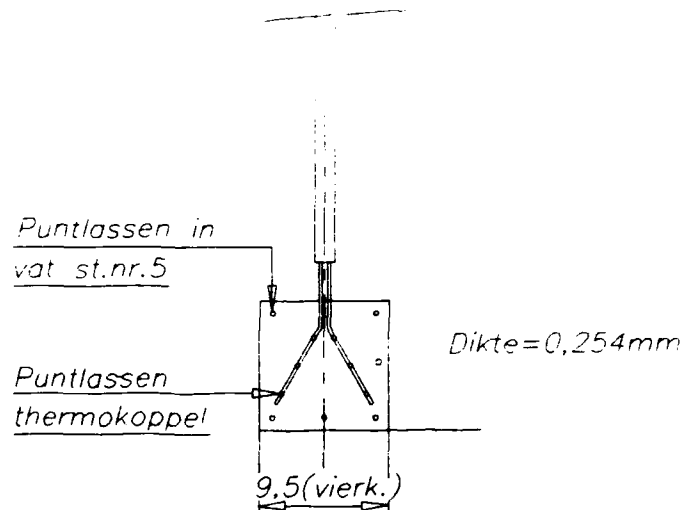
Onderdeel	UN-SCB	TNO-SCB
De onder- en bovenplaat van het omringende frame	135 x 135 x 12.7 mm	140 x 140 x 12 mm
Dikte van de bouten van het omringende frame	12.7 mm	12.0 mm (M12)
Thermokoppel basisplaatje	10 x 10 x 0.3 mm	9.5 x 9.5 x 0.254 mm

Wat betreft de onderdelen die in het UN Oranje boek niet volledig of niet gedetailleerd genoeg beschreven zijn, is voor de volgende oplossing gekozen:

- als verwarmingselement is gekozen voor een BVE met een vermogen van 400 W bij 240 V met een binnendiameter van 70 mm en een breedte van 38 mm;
- de thermokoppeldraad is een chromel-alumel K-type met een roestvrijstalen omhulsel met een wanddikte van 0.25 mm en een uitwendige diameter van 1.57 mm. De beide draden zijn door middel van magnesiumoxide van elkaar geïsoleerd. Dit type thermokoppeldraad is volgens de beschrijving geschikt voor hoge temperaturen en drukken;
- als doorvoertifting is gekozen voor een afsluitbare nippel met een gatdiameter van 1.59 mm die door middel van een konische buisje voor een drukvaste doorvoer van de thermokoppels zorgt;
- als afdichting van het deksel is een teflon ring gekozen;
- verder zijn in plaats van een afstandsring tussen de bodemplaat en het vat niet een ring maar drie kleine stalen plaatjes gebruikt.

2.3 Temperatuurmeting

Voor de temperatuurmeting is een K-type plaat-thermokoppel (TK) voorgeschreven "die het mogelijk maakt representatieve metingen te doen bij hoge temperaturen". Daar dit TK een voorgeschreven grootte en vorm heeft, moest het speciaal geconstrueerd worden en konden we niet terugvallen op een standaard type. Uit een nikkel-chroom lint met een dikte van 0.254 mm worden vierkante plaatjes geknipt waarop de draden van een nikkelchroom-nikkelaluminium-TK via enkele puntlassen bevestigd worden zoals in figuur 2 is aangegeven. De TK-draden, bestaande uit de twee chromel-alumel draden omhuld door een roestvrijstalen buigbare mantel, zijn van elkaar gescheiden door magnesiumoxide. Voordat de TK-draad op het plaatje gelast kan worden moet het stalen omhulsel aan weerskanten met speciaal gereedschap verwijderd worden zodat ongeveer 2.5 cm TK-draad bloot ligt. Eén van de uiteinden wordt aan het nikkelchroom-plaatje bevestigd, het andere aan een K-type thermokoppel-stekker. Nadat het TK-plaatje klaar is kan deze door middel van vier puntlassen aan de binnenkant op de halve hoogte van het vat bevestigd worden. Het is van belang dat het stalen beschermhulsel van het TK zo gebogen wordt dat deze in het vrije bovenstuk van het vat precies in het midden van de deksel doorgevoerd kan worden zodat géén grote spanningen op de puntlassen en de overgangen ontstaan.



Figuur 2 Vorm en wijze van lassen van een plaattype thermokoppel

2.4 Assemblage van een SCB

Nadat het vat tot 1 cm onder de rand gevuld is met de te onderzoeken teststof kan het deksel met tussenliggende teflon ring aangebracht worden. Hiervoor dient de doorvoerfitting goed aangedraaid op het deksel bevestigd te zijn en de TK-draad voorzichtig door de fitting gevoerd te worden. In het geval van een opgesloten testuitvoering moet een conisch nippel aangebracht worden waarna door middel van het aandraaien van het bovenstuk van de doorvoerfitting een luchtdichte afdichting gemaakt kan worden. In het geval van een niet-opgesloten uitvoering laat men de conische nippel weg.

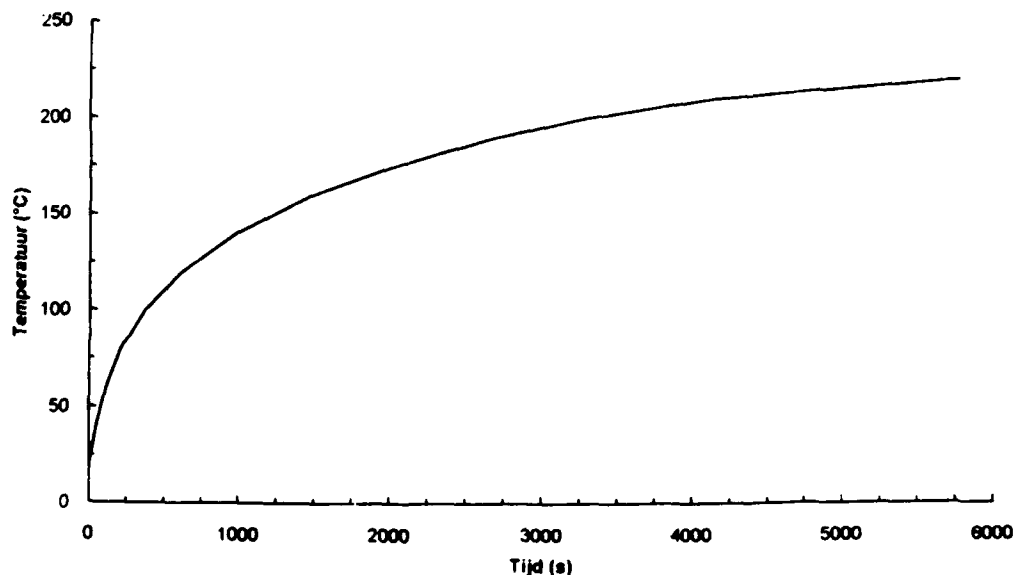
Nadat het vat gereed is kunnen de BVE aangebracht worden waarbij voor een goede verdeling telkens een ruimte van 14 mm tussen de elementen, de onderkant van het deksel en de onderkant van het vat vrijgelaten wordt. Tussen de bodem-getuigeplaat en het vat worden drie stalen plaatjes met een oppervlak van ongeveer 0.25 cm^2 en een dikte van 2 mm geplaatst zodat de warmtelekken naar de bodemplaat beperkt blijven. Dit is van belang voor de opwarm snelheid in het geval van een opwarming met een constant vermogen en is tevens van invloed op het eindresultaat van de proef met betrekking tot de toestand van de getuigeplaat. Op de keuze van deze "standoff-washers" wordt in paragraaf 3.1 ingegaan. Nadat de bovenplaat aangebracht is kan het geheel door

middel van de vier draadeinden en acht moeren tot een stevig geheel aangedraaid worden. Uit veiligheidsoverwegingen dient men er op te letten dat bij één van de acht moeren een aardbevestiging toegevoegd wordt. Als laatste moeten de aarddraad en spanningsdraden van de BVE, in verband met de optredende hoge temperaturen, aan een keramisch kroonsteentje bevestigd worden en is de SCB klaar voor gebruik. Foto 1 in bijlage 2 geeft een volledig geassembleerde SCB weer.

3 TESTEN

3.1 Inleidende testen

Alvorens testen met explosieve stoffen uit te voeren zijn er een aantal inleidende opwarmtesten met een spanning van 120 en 220 V uitgevoerd om de gehele opzet te testen. Figuur 3 geeft het resultaat van een opwarming van een met zand gevulde SCB met een BVE-spanning van 120 V. Bij deze spanning wordt na $5,8 \cdot 10^3$ s bij een temperatuur van 225°C het thermisch evenwicht bereikt, hetgeen betekent dat het warmteverlies van de SCB aan de omgeving even groot is als het afgegeven vermogen van de BVE. Omdat bij een spanning van 120 V niet de voorgeschreven temperatuur van 400°C bereikt werd, is voor de resterende proeven gebruik gemaakt van een spanning van 220 V en zijn de invloeden van de verschillende "standoff-washers" op de opwarmcurve onderzocht.

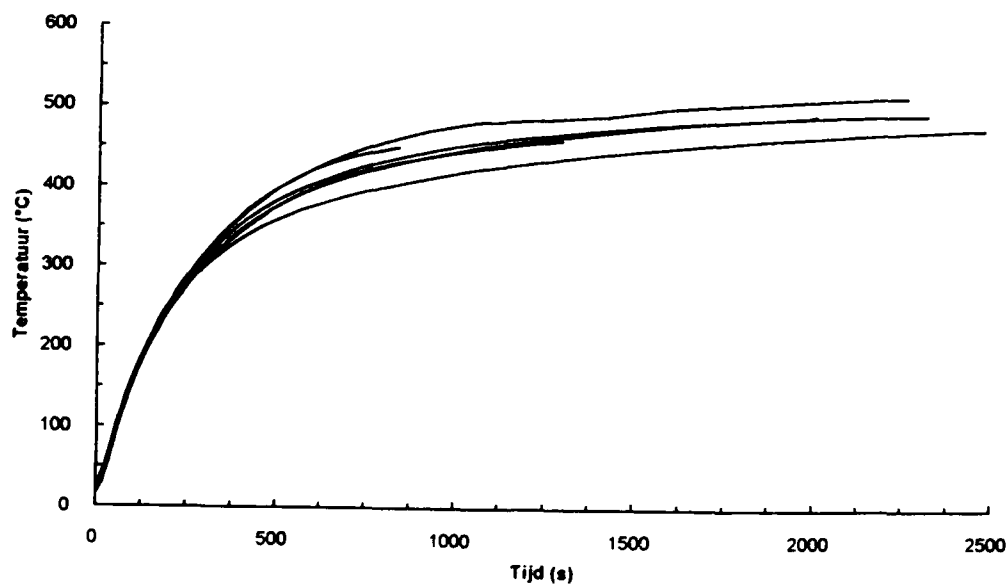


Figuur 3 Een opwarming van een SCB met zand bij 120 V

De volgende mogelijkheden als "standoff-washer" zijn bekeken:

- 1 een Teflon-glas fiber ring met een grootte van 55 mm;
- 2 een frezeliert ring met een grootte van eveneens 55 mm;
- 3 drie vierkante stalen plaatjes met een oppervlak van ongeveer 0.25 cm² en een dikte van 2 mm;
- 4 drie vierkante teflon-glas plaatjes;
- 5 drie stalen vierkante plaatjes met een oppervlak van 0.25 cm² en dikte van 2 mm tussen het vat en de onderste getuigeplaat en drie stuks tussen het deksel en de bovenplaat;
- 6 een stalen ring nummer 2 zoals beschreven in bijlage 2.

Figuur 4 geeft het resultaat van de testen van een met lucht gevulde SCB met de verschillende "standoff-washers" bij een spanning van 220 V. Beneden de 250°C kan men nauwelijks verschillen tussen de genoemde mogelijkheden meten. Boven deze temperatuur worden verschillen gemeten betreffende de maximaal te bereiken eindtemperatuur. De laagste eindtemperatuur is gemeten bij het gebruik van een stalen ring als "standoff-washer", de hoogste bij het gebruik van twee maal drie stalen plaatjes aan de onder en bovenkant van het vat.



Figuur 4 Zes verschillende "standoff washers" opwarmcurven bij 220 V

De combinatie van drie stalen plaatjes onder en boven viel af daar deze teveel van de standaard van het UN Oranje boek afweek. De mogelijkheden met frenzeliet en teflon/glas vielen af daar deze door de hoge temperatuur niet vormvast waren. Hierdoor trad er in de loop van het experiment speling op tussen de getuigeplaat en het vat hetgeen het eindresultaat van de proef kan beïnvloeden. Als beste voldeden de drie stalen plaatjes tussen de getuigeplaat en de onderkant van het vat. Qua eindtemperatuur en opwarmsnelheid is deze mogelijkheid gemiddeld maar heeft het grote voordeel dat het gehele frame vast blijft zitten in tegenstelling tot de teflon en frenzeliet combinaties.

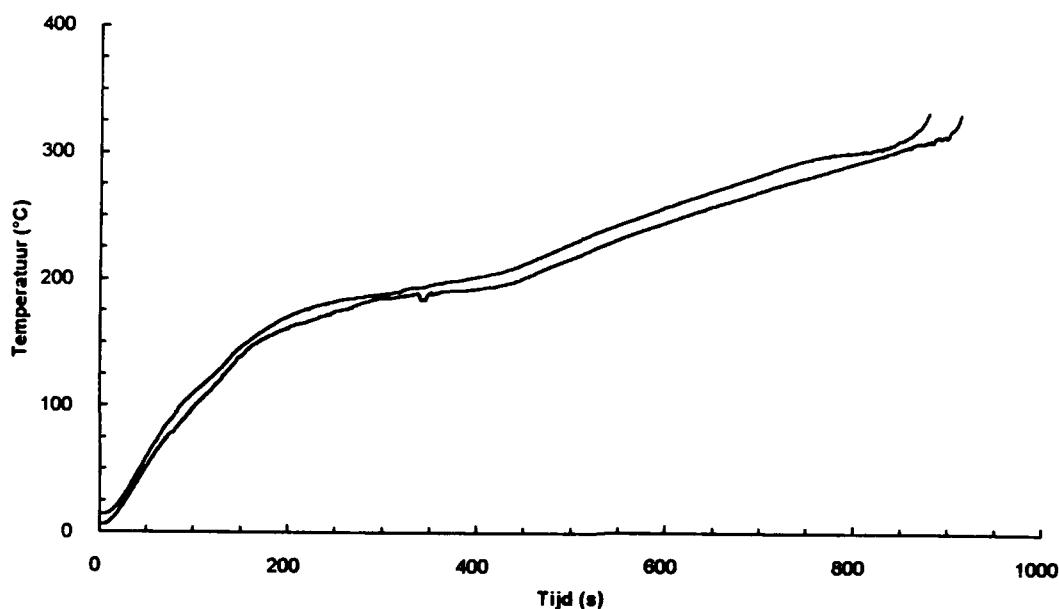
3.2 Testen met explosieve stoffen

Nadat door middel van inleidende testen met zand en lucht de beste standoff-washers en spanning bepaald zijn, zijn experimenten met explosieve stoffen uitgevoerd. Omdat de in het inwendige bevestigde thermokoppel op dat moment het gebruik van geperste explosieve stoffen onmogelijk maakte werd voor de volgende testsubstanties gekozen:

- 1 los gestort TNT met een dichtheid van 1.0 g/cm^3 (Schilfers van de firma DN AG.);
- 2 ongezeefde losse Hexocire met een dichtheid van 1.05 g/cm^3 (94.5% RDX, 5% was en 0.5% grafiet);
- 3 losse ammoniumnitraat prills (poreus, ANFO kwaliteit) met een dichtheid van 0.87 g/cm^3 .

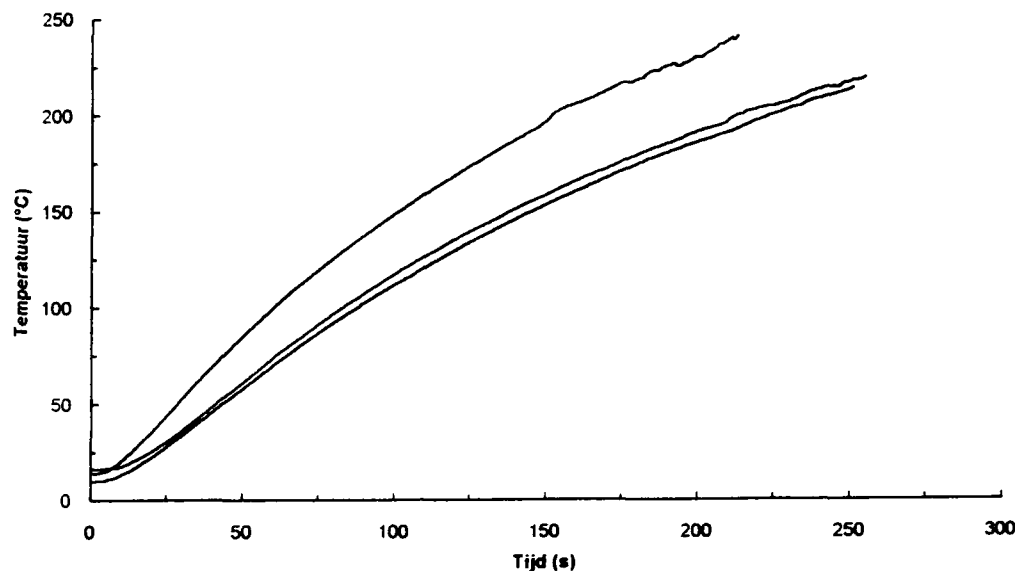
In figuur 5 is het resultaat van twee testen met TNT te zien. Na een aanloopfase wordt tot een temperatuur van 150°C (en een tijd van ongeveer 150 seconden) een redelijk lineaire opwarming waargenomen waarna tijdens de smeltfase van TNT² veel warmte vanuit de buitenste vloeistofmantel van TNT naar het inwendige smeltende TNT vloeit. Deze smeltfase duurt ongeveer 300 seconden. Na circa 450 seconden is de gehele TNT massa gesmolten en zet de opwarming zich lineair voort. Rond 300°C begint de TNT langzaam met een zelfopwarming ten gevolge van een exotherme reactie, waardoor een "runaway" reactie op gang komt die eindigt met een explosie waarvan het resultaat te zien is in bijlage 3 foto nummer 1. Beide experimenten gaven een zelfde resultaat na een opwarmtijd van rond 900 seconden.

² Smelttemperatuur van TNT is 80.5°C



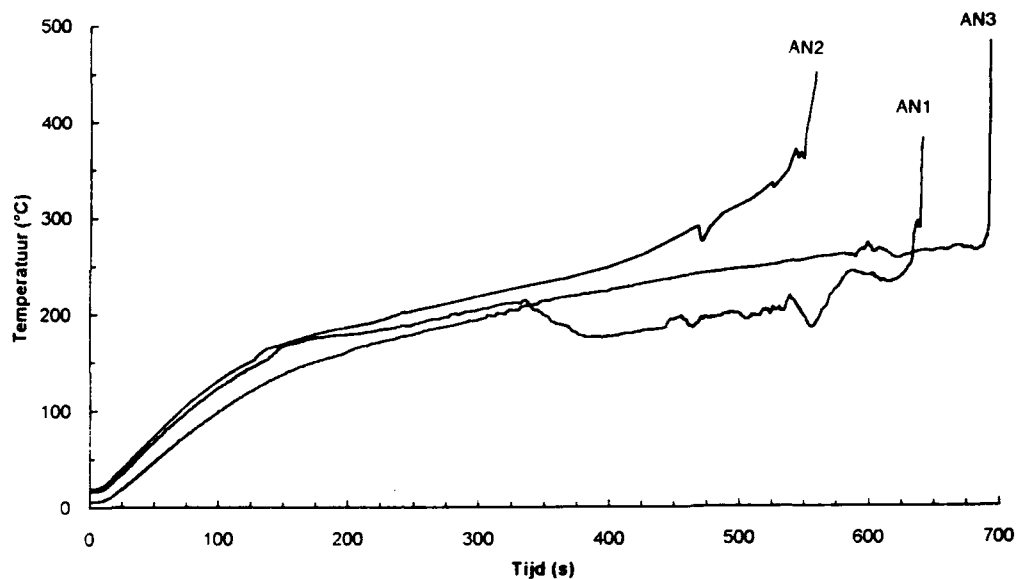
Figuur 5 Twee temperatuur-tijd curven van SCB experimenten met los gestorte TNT

Figuur 6 geeft de temperatuur-tijdcurven van drie experimenten met Hexocire. Omdat Hexocire hoofdzakelijk uit RDX bestaat en de smeltfase samengaat met de ontledingsfase is de smeltfase niet in de temperatuurcurve te zien. Ook de tijd tot explosie is wezenlijk korter dan in het geval van TNT. Wat opvalt is dat één van de drie temperatuurcurven sterk van de andere twee verschilt. De oorzaak hiervan moet waarschijnlijk gezocht worden in netspanningsfluctuaties en TK locaties. Hierop zal in een volgend rapport ingegaan worden. Opvallend is dat er bij deze test meer verschering optrad dan bij de andere twee testen met Hexocire. Een foto van de SCB na dit experiment is te zien in bijlage 3 fotonummer 2.



Figuur 6 Drie temperatuur-tijd curven van SCB experimenten met Hexocire

Figuur 7 is het resultaat van drie experimenten met AN. De beginfasen van de drie experimenten komen redelijk met elkaar overeen. De begintemperatuur van experimentnummer 3 is laag in vergelijking met de andere twee proeven. Ook verschillen de hellingen van de drie curven in het begin van de opwarming hetgeen moet duiden op een verschil in het vermogen van de verwarmingselementen. Dit geldt in het bijzonder voor experimentnummer drie en zal zijn weerslag hebben in het vervolg van het experiment. Rond de 170°C is een verandering in opwarmsnelheid te constateren. Dit is het begin van de smeltfase van het AN dat een smelttemperatuur van 169.6°C bezit. Tussen experiment 2 en 3 is een verschil van 150 seconden in eindtijd gemeten. Dit verschil is te verklaren door enerzijds een lagere begintemperatuur van experiment 3 en anderzijds een kleiner toegevoerd vermogen zodat reeds vóór het bereiken van een temperatuur van 250°C dit verschil aanwezig is. In de beginfase heeft experiment 1 een opwarmsnelheid liggende tussen de waarden van experimenten 2 en 3. De vorm van de temperatuurcurve vanaf 330 seconden zal wellicht veroorzaakt worden door gasvorming en/of belvorming rond het TK waardoor de temperatuurmeting sterk beïnvloed wordt. Het eindresultaat was in alle drie de experimenten met AN hetzelfde: door de hoge drukopbouw bezweek het vat maar viel er géén vervorming van de getuigeplaat te constateren (foto 3, bijlage 3).



Figuur 7 Drie temperatuur-tijdcurven van SCB experimenten met Ammonium-nitraat

3.3 Vergelijking met het UN Oranje boek

Ondanks het feit dat het moeilijk is om een vergelijking te maken tussen de UN- en de TNO-testen met explosieve stoffen willen we toch de gegevens naast elkaar zetten. Hierbij moet vermeld worden dat de opwarmsnelheid gedefinieerd is als het temperatuurverschil gedeeld door de totale tijd. Verder zijn er géén gedetailleerde gegevens over de gebruikte explosieve stoffen in het UN Oranje boek terug te vinden.

Tabel 2 Vergelijking van UN en TNO SCB-testen met explosieve stoffen (testserie 1)

	UN TNT	TNO TNT 1, 2
eindtemperatuur (°C)	307	332, 333
eindtijd (s)	660	914, 880
opwarmsnelheid (°C/s)	0.4	0.36, 0.36
uitslag test	positief	positief

	UN RDX	TNO HEX 1, 2, 3
eindtemperatuur (°C)	200	214, 240, 219
eindtijd (s)	876	251, 213, 255
opwarmsnelheid (°C/s)	0.2	0.8, 1.05, 0.8
uitslag test	positief	positief

	UN AN	TNO AN 1, 2, 3
eindtemperatuur (°C)	322	290, 350, 292
eindtijd (s)	780	640, 552, 692
opwarmsnelheid (°C/s)	0.4	0.4, 0.6, 0.4
uitslag test	negatief	positief (opgesloten)

Wat betreft de experimenten met TNT geldt dat het resultaat aangaande de getuigeplaat en het vat, net als in het UN Oranje boek volgens de criteria in paragraaf 2.1, positief is, waarbij in ons geval een deflagratie opgetreden is na 15 minuten bij een temperatuur van 330°C. De verschillen met het UN Oranje boek zijn te verklaren door een andere opwarmsnelheid. In onze experimenten met TNT gemiddeld 0,35°C/s bij een constant vermogen, in het UN Oranje boek vermoedelijk 0.4°C/s in plaats van de voorgeschreven constante 3°C/min.

Voor de experimenten met Hexocire, eveneens uitgevoerd met een constant vermogen, geldt dat na gemiddeld 230 seconden bij een temperatuur van ongeveer 220°C een heftige explosie waargenomen werd die voor verscherving van het vat en de getuigeplaat zorgde. Hierdoor viel de test net als in het UN Oranje boek positief uit met dit verschil dat vooral de tijd tot explosie in het UN Oranje boek sterk van de door ons gemeten tijd verschilde. De in het UN Oranje boek gemeten

14.6 minuten duidt op een constant gehouden opwarmsnelheid van 0.2°C/s in plaats van de voorgeschreven constante 3°C/min .

Voor de experimenten met AN is de tijd tot explosie wél van dezelfde grootte-orde maar is de vraag eveneens wat de werkelijk gebruikte opwarmsnelheid in het UN Oranje boek was. Verder valt in het UN Oranje boek de test negatief uit terwijl in ons geval het resultaat positief is. Dit laatste komt waarschijnlijk door het in opgesloten toestand uitvoeren van de experimenten onzerzijds.

4 DISCUSSIE

Opwarmsnelheid

Het resultaat van een test wordt in sterke mate bepaald door de opwarmsnelheid, zoals ook eerder verklaart door Hutchinson [5]. Een punt waaraan in het UN Oranje boek te weinig aandacht is geschonken. De in het UN Oranje boek voorgeschreven waarde van 3°C/min is niet gebruikt bij de gegeven resultaten (tabellen in bijlage 1). Deze zijn hoogstwaarschijnlijk uitgevoerd bij een opwarmsnelheid van $0,2$ en $1,0^{\circ}\text{C/s}$ (of $3,0^{\circ}\text{C/s}$) zoals beschreven in [2] en [3]. Ook valt op dat er in de beschrijving van de SCB [1] over een constante opwarmsnelheid gesproken wordt wat inhoudt dat de SCB op een controller aangesloten zou zijn. In rapport [2] van Pakulak wordt wederom over een gecontroleerde opwarming gesproken terwijl dit in rapport [3] niet het geval is.

Het geconstateerde verschil, ten gevolge van de verschillen in opwarmsnelheid, betreffende de conditie van het vat en de getuigeplaat bij de Hexocire experimenten kunnen bij een kritische test-substantie juist het verschil maken tussen een positief of negatief resultaat van een test. In ons geval is het verschil in opwarmsnelheid onder andere te verklaren door een verschil in spanning en dus vermogen. Deze verandering in opwarmsnelheid heeft in het ene geval een heftigere reactie van het Hexocire tot gevolg. Dit onderstreept nogmaals de noodzaak van een goed gedefinieerde opwarmsnelheid.

Verder onderzoek naar de opwarmsnelheid voor de SCB is zeker nodig. Ook de vraag of de opwarming met een constante *snelheid* en dus gecontroleerd of met een constant *vermogen* dient te geschieden staat ons inziens nog open.

Temperatuurmeting

- De inwendige temperatuurmeting heeft zowel positieve als negatieve kanten. Positief is het feit dat deze manier een zelfopwarming van de TNT weergeeft, hetgeen extra informatie oplevert, zoals figuur 5 weergeeft. Dit zou bij een plaatsing van het TK aan de buitenkant van de wand nooit gemeten kunnen worden. Negatief is echter dat er op deze wijze géén geperste stoffen getest kunnen worden. Daarom zal voor persbare teststoffen naar een andere meetwijze gezocht moeten worden waarbij een opwarming gemeten moet worden overeenkomend met de nu gebruikte methode. Dit speciaal in het geval van een gecontroleerde en constante opwarmsnelheid waarbij de temperatuurterugkoppeling van groot belang is. Ook het feit dat er geen gebruik gemaakt is van een commercieel te verkrijgen thermokoppel draagt niet bij tot een standaardisatie van de SCB-test.
- Op de reproduceerbaarheid van de temperatuurmeting en de opwarmsnelheid zal in een volgend rapport dieper ingegaan worden. Vooralsnog kunnen we zeggen dat deze sterk afhangen van de spanningsdrift, de thermokoppel-locaties ten opzichte van de plaats van de bandverwarmingselementen, variaties van de ohmse weerstand van de verwarmingselementen en de opwarmsnelheid. Daar dit rapport hoofdzakelijk de beschrijving van de op het PML geconstrueerde SCB en enkele inleidende experimenten weergeeft is besloten de reproduceerbaarheid in een apart rapport te beschrijven. Een korte versie van dit rapport "The small-scale Cook-off-test at the TNO-PML" [6] is gepresenteerd tijdens de "OECD-IGUS Working group Sensitivity and Propagation" meeting in Ottawa 18 en 19 mei 1992.

Opsluiting

Een laatste punt is de opsluiting van de teststof bij de uitvoering van de experimenten. In eerdere gepubliceerde rapporten van Pakulak [2] en [3] en voorlopers van het UN Oranje boek wordt gesproken over "de manier om de thermische gevoeligheid van explosieve stoffen te testen in opgesloten toestand". In het UN Oranje boek wordt ineens overgegaan op de niet-opgesloten wijze van testen. Verder onderzoek naar de meest geschikte wijze lijkt ons gewenst.

5

CONCLUSIE

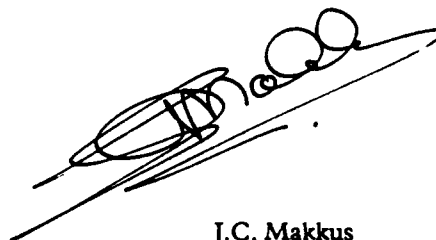
De SCB-test is een redelijk eenvoudig te vervaardigen en uit te voeren test die de gevoeligheid van een testsubstantie voor een thermische opwarming bepaalt in een al dan niet opgesloten toestand. De uit onze experimenten verkregen testresultaten stemmen niet volledig overeen met de resultaten in het UN Oranje boek. Ons inziens is dit niet te wijten aan de geringe afwijkingen van de aangegeven maten, maar enerzijds aan de beschreven resultaten en gegevens in het UN Oranje boek en anderzijds wellicht aan de door onze interpretatie van de gegevens. Dit geldt in hoofdzaak voor de opwarmsnelheid die volgens de testbeschrijving in het UN Oranje boek $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ moet bedragen maar volgens de rapporten [2] en [3] van Pakulak, waaruit ook de gegevens in de tabellen (bijlage 1) van het UN Oranje boek stammen, $0,2$ en $1,0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ (of $3^{\circ}\text{C}/\text{s}$) bedragen. Tevens blijft de vraag open of de test bij constant vermogen of met constante opwarmsnelheid uitgevoerd dient te worden. Hierbij is zeker in het geval van een constante opwarmsnelheid een goede en reproduceerbare temperatuurmeting, die tevens de mogelijkheid biedt om geperste explosieve stoffen te testen, van belang. Tevens zal onderzocht moeten worden of de testen wel of niet in opgesloten toestand uitgevoerd dienen te worden.

Na kleine veranderingen op de bovengenoemde punten zal deze standaard UN-test een bijdrage leveren aan ons onderzoek op het gebied van "Thermische Initiatie" waarmee testen met bestaande en nieuwe explosieve stoffen, zoals PBX-en, uitgevoerd kunnen worden. Tevens lijkt deze test geschikt voor classificatie van explosieve stoffen voor testseries 1 en 2 van de UN-aanbevelingen. Na correcties van de beschrijving en de uitvoering van de test kan in het kader van de harmonisatie tot een uitspraak gekomen worden. Ons vervolgonderzoek zal zich op de eerste plaats richten op de wijze van de temperatuurmeting, de opwarmsnelheid en methode en mate van opsluiting.

6 ONDERTEKENING



Ir. J.H.G. Scholtes
(auteur/projectleider)



J.C. Makkus
(auteur)

7 REFERENTIES

- 1 "Recommendation of transport of dangerous goods"; tests and criteria, second edition, st/sg/ac.10/11/rev.1, United Nations, New York 1990.
- 2 Anderson, C.M.; Pakulak Jr., J.M.
"The prediction of the reaction of an explosive system in a fire environment coated RDX systems for pressed explosives.", J. of Hazardous Materials, 2 (1977/78) 143-161.
- 3 Pakulak Jr., J.M.
"USA Small-scale Cookoff Bomb (SCB) test.", report from "minutes of the explosive Safety Seminar (21st), 1 (August 1984) 539-548.
- 4 Scholtes, J.H.G.; Makkus, J.C.
"Een beschrijving van de inleidende Cook-off experimenten met TNT gevulde type IV buizen, intern rapport PML-TNO, juli 1992.
- 5 Hutchinson, C.D.
"Experimental studies concerning the response of intermediate explosives to thermal stimuli", presented at the 8th symposium on Detonation, Albuquerque, USA, July 15-19, 1985.
- 6 Scholtes, J.H.G.; Makkus, J.C.; Steen, A. van der.
"The Small-Scale Cook-off-test at the TNO-PML", rapport gepresenteerd tijdens de meeting: "OECD-IGUS Working Group Sensitivity and Propagation", Ottawa 18-19 mei 1992.

**BIJLAGE 1 KOPIE VAN DE ORIGINELE BESCHRIJVING VAN DE SCB TEST 1(b)(iii)
EN 2(b)(iv) UIT HET UN ORANJE BOEK, PAGINA 39-41 EN 67-68**

TEST 1 (b) (iii)SCB TEST9.1 INTRODUCTION

The Small-Scale Cook-Off Bomb (SCB) Test simulates transport and storage situations involving slow external heating of substances.

9.2 APPARATUS AND MATERIALS

The experimental arrangement is shown in Fig. 9.1. The sample of substance to be tested is contained in a 400 cm³ steel vessel with walls 3 mm thick. Two 400-watt electric heaters are fastened to the steel vessel. The vessel has a steel cover with two feed-through fittings for the thermocouple leads and for a pressure take-off. The mounting frame consists of two 13.5 cm by 1.27 cm steel witness plates with four 1.27 cm bolts that clamp the SCB vessel between them. The vessel is instrumented with one or two plate-type thermocouples; one is spot welded to the centre of the vessel wall, and another, if needed, is placed in the centre of the material that is tested. The plate-type thermocouples consist of a 0.3 mm thick nichrome ribbon approximately 1 cm square, with the thermocouple wires fanned out and individually spot welded to the nichrome. Plate-type rather than bead-type thermocouples are used in the SCB since plate-type thermocouples give faster response and more representative measurement of the temperature of the interfaces.

9.3 PROCEDURE

Test substance in the form of a solid, liquid, slurry or powder is loaded to capacity of the steel vessel of the SCB unit. Sufficient ullage should be allowed so that the vessel will not be liquid full at 400°C. The SCB unit is assembled and placed in a safe testing bay; it is heated by connecting the two 400-watt heaters to 120 VAC or 120 VDC. Strip-chart recorders can be used to record the temperature of the SCB unit and the time to cook-off. The heating rate is maintained at 3°C/min. The test is started at 25±3°C and continued until a reaction occurs or a temperature of 400°C is reached.

9.4 CRITERIA AND METHOD OF ASSESSING RESULTS

Time and temperature of an explosive reaction (cook-off) are taken from the chart records, and as assessment of the severity of the reaction is made from the number and condition of the vessel fragments and the condition of the witness plate. Levels of reaction to be identified are:

- (a) The result of the test is considered negative if the SCB is in one piece (not ruptured or fragmented) and the witness plate is not deformed or punctured;
- (b) The result of the test is considered positive if any of the following occurs:
 - (i) SCB is ruptured;
 - (ii) SCB is fragmented;
 - (iii) Witness is deformed;
 - (iv) Witness plate is punctured.

9.5 EXAMPLES OF RESULTS

Test Substance	Material Source	Cook-Off Temp. °C	Cook-Off Time min.	Cook-Off Reaction
RDX/wax (98/2)	Composition A-5 (USA)	223	14.0	+
RDX/wax (97/3)	CH-6 (USA)	222	12.9	+
RDX/wax (95/5)	RDX/Estane	200	14.6	+
RDX/wax (91/9)	Composition A-3	248	6.8	+
tetryl	NSWL, Crane, IN	215	14.5	+
TNT (flake)	Kankakee grade	307	11.0	+
TNT (cast)	Kankakee grade	500	6.1	+
Composition B	RDX/TNT/wax (60/40/1)	250	1.9	+
EAK	Ethylene diamine dinitrate-Ammonium nitrate-potassium nitrate eutectic melt	---	27.0	+
triaminotrinitrobenzene (flake)	TATB from Pantex	388	2.8	+
nitroguanidine	(Powder), high bulk density	281	4.0 */	+
water gel (amine nitrate sensitized)	USA Slurry explosive	360	4.0+*/	+
water gel (Al sensitized)	Hercules Slurry explosive	390	8.0+*/	+
ammonium perchlorate 5-6µ	Kerr-McGee, propellant grade	---	33.0	+
ammonium perchlorate 200µ	Kerr-McGee, propellant grade	---	34.0	+
ammonium perchlorate propellant- (rocket motor)	NWC C-55A propellant	---	7.2 */	+
Propellant (cannon)	M-6 propellant (USA)	201	14.2	+
SPCF gun propellant	Single-base propellant	---	1.3	-
methylamine nitrate solution (85%)	Dupont	---	23.0	+
ammonium nitrate	Technical grade	322	13.0	-
guanidine nitrate	Technical grade	368	14.0	+
diphenyloxide - 4,4'-disulphohydrazide	Nitropore, National Polychemicals, Inc.	190	0.8	-

*/ Data taken at a higher heating rate of 1°C/s.

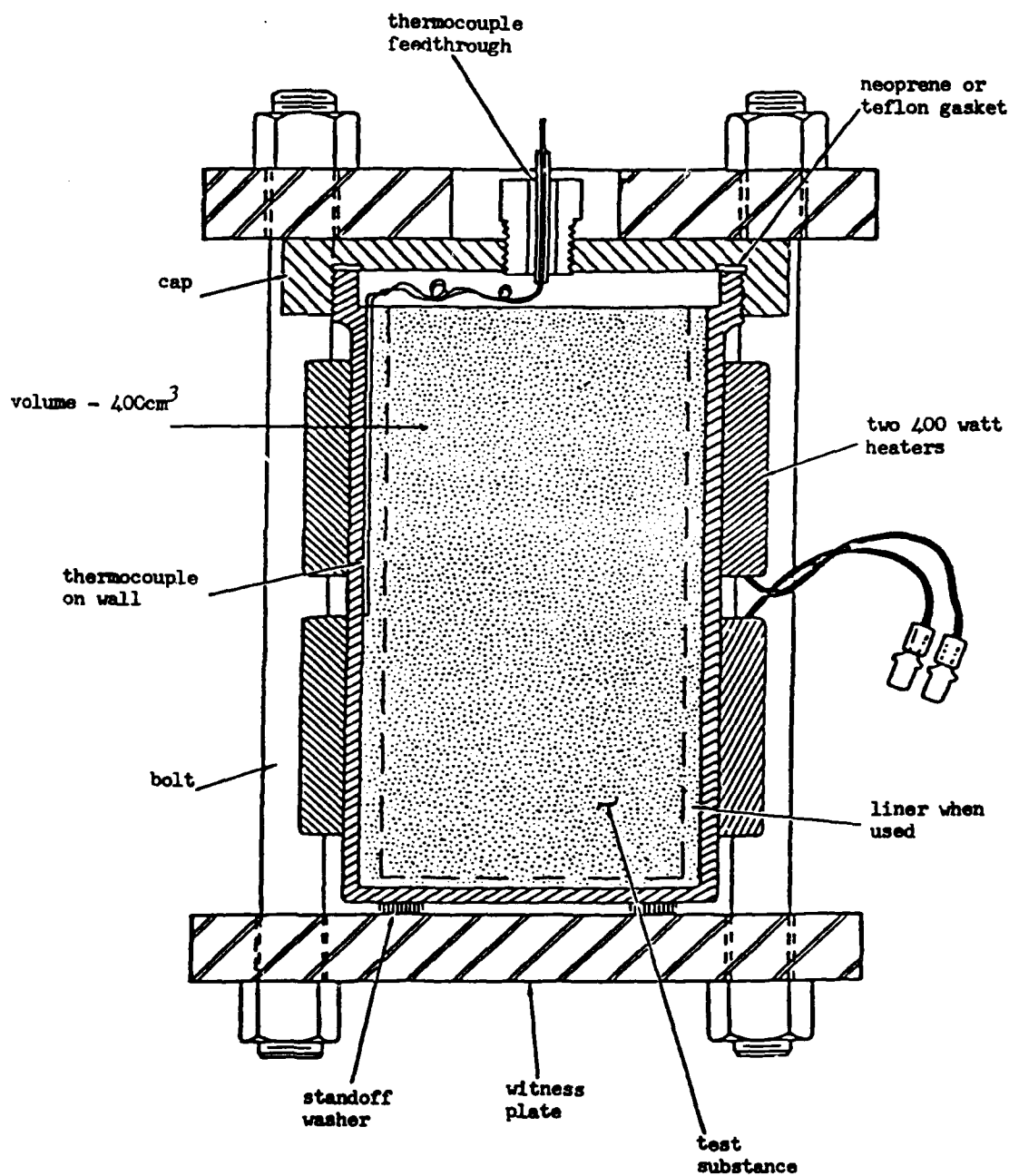


Fig. 9.1

SCB TEST

Test 1 (b)(iii) and
2 (b)(iv)

Test 2 (b) (iv)SCB TEST18.1 INTRODUCTION

See paragraph 9.1.

18.2 APPARATUS AND MATERIALS

See paragraph 9.2.

18.3 PROCEDURE

See paragraph 9.3.

18.4 CRITERIA AND METHOD OF ASSESSING RESULTS

Time and temperature of an explosive reaction (cook-off) are taken from the chart records, and an assessment of the severity of the reaction is made from the number and condition of the vessel fragments and the condition of the witness plate. Levels of reaction to be identified are:

- (a) The result of the test is considered negative if the SCB is in one piece (may be ruptured) and the witness plate is not deformed or punctured.
- (b) The result of the test is considered positive if any of the following occurs:
 - (i) SCB is fragmented.
 - (ii) Witness plate is deformed.
 - (iii) Witness plate is punctured.

18.5 EXAMPLES OF RESULTS

Test Substance	Material Source	Cook-Off Temp. °C	Cook-Off Time min.	Cook-Off Reaction
RDX/wax (98/2)	Composition A-5 (USA)	223	14.0	+
RDX/wax (97/3)	CH-6 (USA)	222	12.9	+
RDX/wax (95/5)	RDX/Estane	200	14.6	+
RDX/wax (91/9)	Composition A-3	248	6.8	+
tetryl	NSWL, Crane, IN	215	14.5	+
TNT (flake)	Kankakee grade	307	11.0	-
TNT (cast)	Kankakee grade	500	6.1	+
Composition B	RDX/TNT/wax (60/40/1)	250	1.9	+
EAK	Ethylene diamine dinitrate-Ammonium nitrate-potassium nitrate eutectic melt	---	27.0	+
triaminotrinitro-benzene (flake)	TATB from Pantex	388	2.8	+
nitroguanidine	(Powder), high bulk density	281	4.0 */	+
water gel (amine nitrate sensitized)	USA Slurry explosive	360	4.0+*/	-
water gel (Al sensitized)	Hercules Slurry explosive	390	8.0+*/	-
ammonium perchlorate 5-6µ	Kerr-McGee, propellant grade	---	33.0	+
ammonium perchlorate 200µ	Kerr-McGee, propellant grade	---	34.0	+
ammonium perchlorate propellant- (rocket motor)	NWC C-55A propellant	---	7.2 */	-
Propellant (cannon)	M-6 propellant (USA)	201	14.2	+
ethylamine nitrate solution (85%)	Dupont	---	23.0	+
guanidine nitrate	Technical grade	368	14.0	+

*/ Data taken at a higher heating rate of 1°C/s.

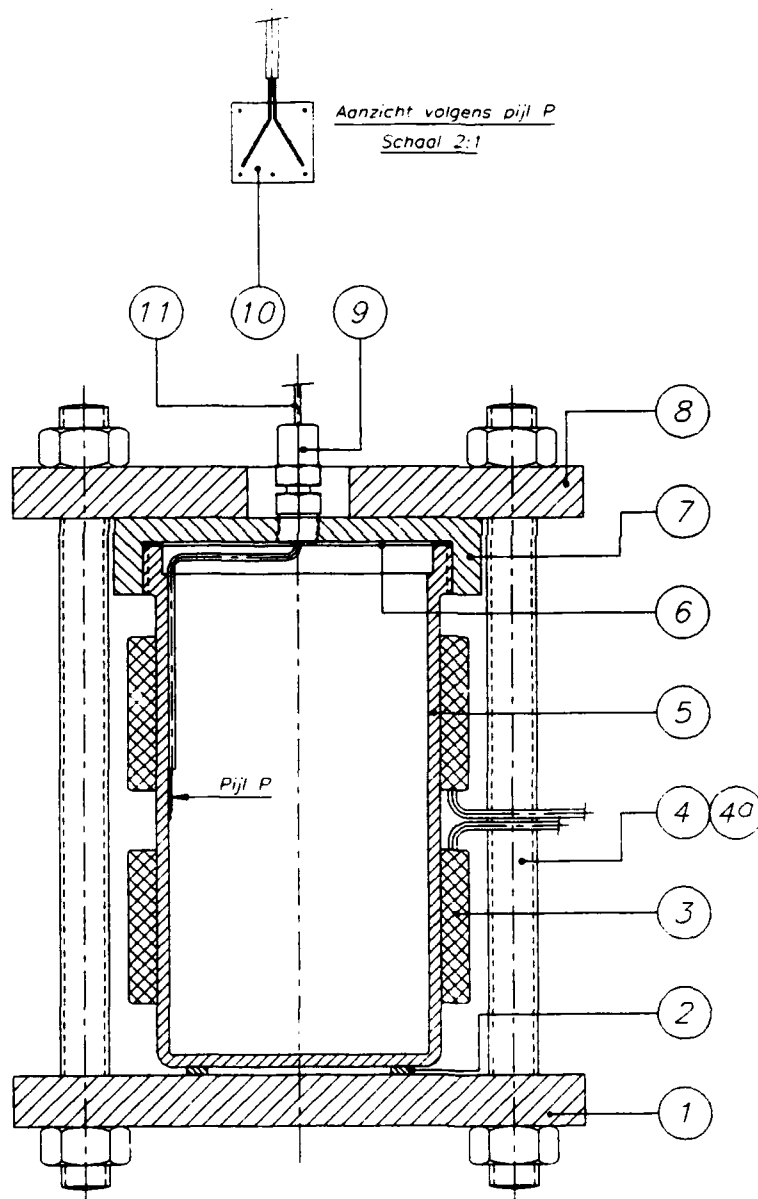
BIJLAGE 2 LIJST MET ONDERDELEN, CONSTRUCTIETEKENINGEN EN EEN FOTO VAN EEN SCB

a Lijst van onderdelen:

Aantal	St. nr.	Benaming	Materiaal	Normaal	Opmerking
1	1	Onderplaat	st.37		11889-A1
1	2	Afstandsring	st.37		11889-A1
2	3	Verwarmingselement		B2N1JN1 type A	Kurval n. vennep
4	4	Draadstang	st.		11889-A1
8	4a	Moer	st.		M12 din934
1	5	Vat	st.37		11889-A1
1	6	Afdichtingsring	Teflon		11889-A1
1	7	Deksel	st.37		11889-A1
1	8	Bovenplaat	st.37		11889-A1
1	9	Doorvoernippel	RV st.	CGR-1/8NPT-062	Tempcont. V-burg
1	10	Thermokoppel	Chromel		11889-A1
1	11	Thermokoppeldraad		MTKK-K-INC-062	Tempcont. V-burg
1	12	Koperen aardver. ring	koper		
1	13	Drie-aderige kroonsteen	keramiek		

b) Foto van een SCB voor de test

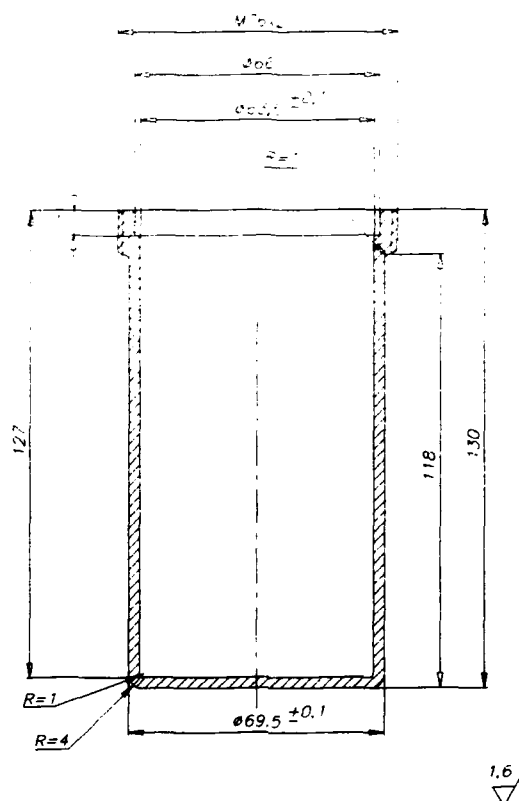




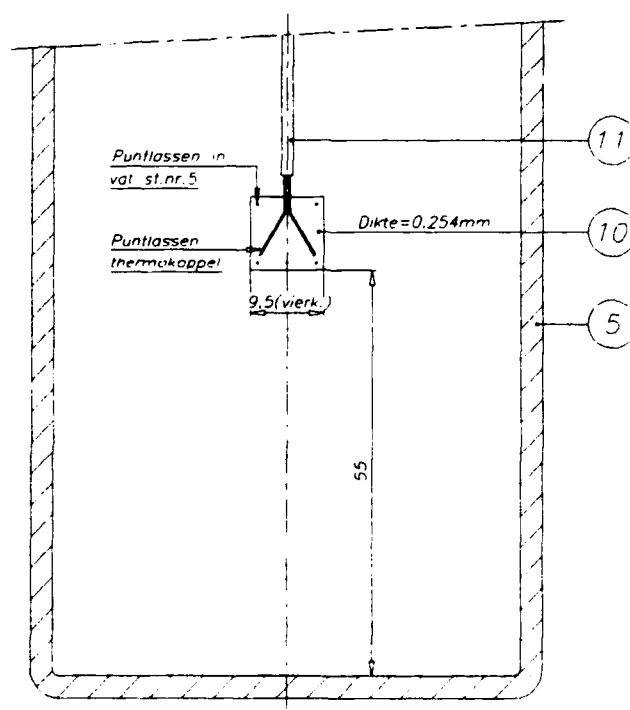
Voor stuklijst zie tek. nr. 11888-A3

SAMENSTELLING BENAMING	MATERIAAL	NORMAAL		OPMERKING		
		FLOP NR.	OST	FILE	OPMERKING	
COOK OFF BOMB (SMALL SCALE)	TNO	1.1	2.1	1.1	1.1	
		SCHAAL	18	6-1291	1887	
		DATUM	18	6-1291	1887	
PROJECTIE METHODE		T.M. NR.		11887		
PRINS MAURITS LABORATORIUM TNO-RUSWIK		FORMAAT: A		OPMERKING		

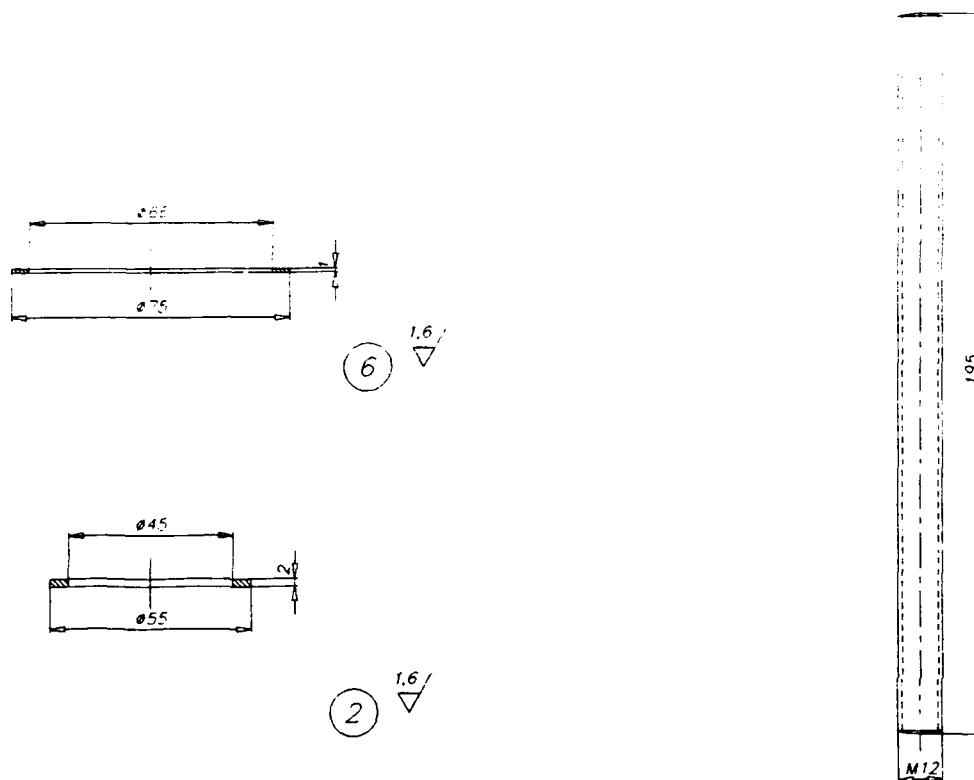
11887-A3



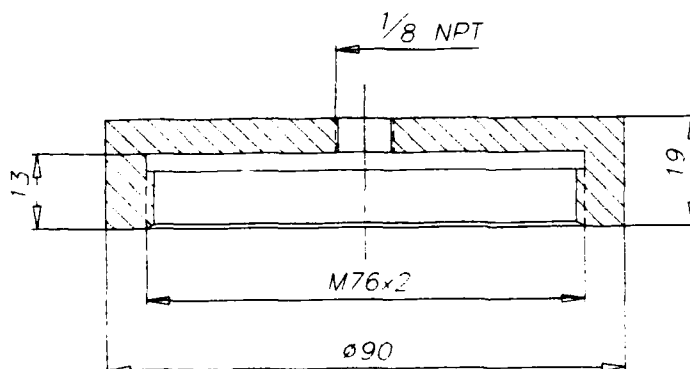
Constructietekening van stuknummer 5: het geïsoleerde stalen vat met een wanddikte van 3 mm.



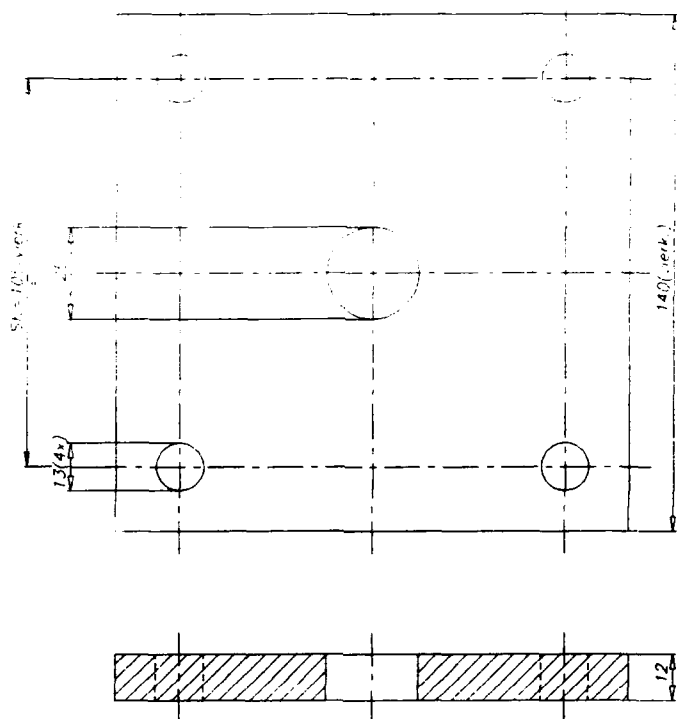
Een uitvergroting van stuknummer 5 (het vat) en nummer 10 en 11 (het thermokoppel met de thermokoppel draad gelast aan de binnenkant van het vat op halve hoogte.



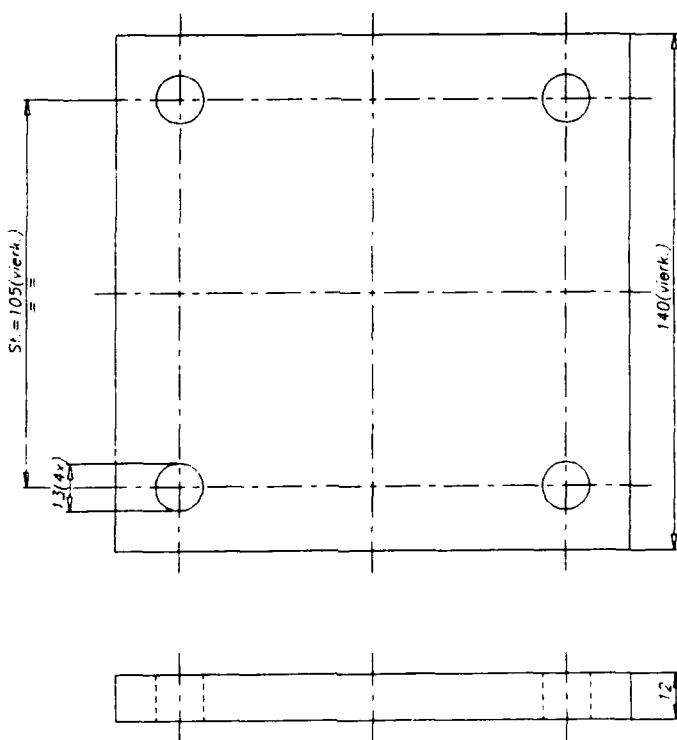
Constructietekening van stuknummers 2 (de afstandsring), 4 (de draadstang) en nummer 6 (de teflon afdichtring).



Constructietekening van stuknummer 7 het deksel.



3.2



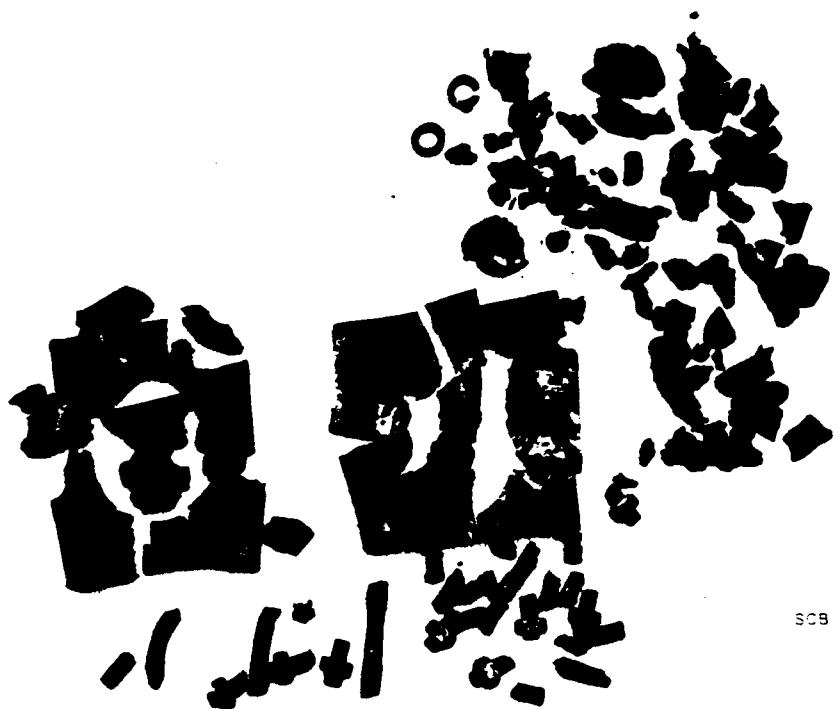
3.2

Constructie-tekening van de boven en onderplaat van de SCB, respectievelijk stuknummer 8 en 1.

BIJLAGE 3 FOTO'S VAN DE RESULTATEN VAN SCB TESTEN MET EXPLOSIEVE
STOFFEN

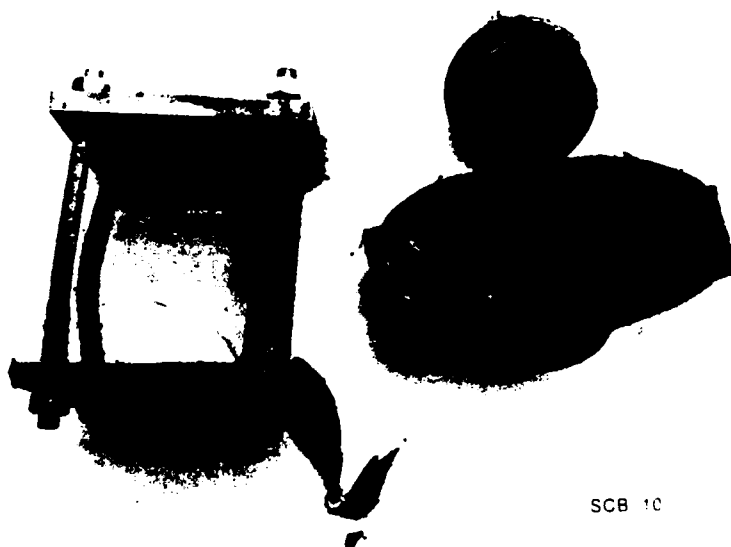


Foto 1 Resultaat van een SCB test met TNT in opgesloten toestand



SCB 6

Foto 2 Resultaat van een SCB test met Hexocire in opgesloten toestand



SCB 10

Foto 3 Resultaat van een SCB test met AN in opgesloten toestand

REPORT DOCUMENTATION PAGE

(MOD NL)

1. DEFENSE REPORT NUMBER (MOD-NL) TD92-2753	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER PML 1992-104
4. PROJECT/TASK/WORKUNIT NO. 221492020	5. CONTRACT NUMBER A80/KL/137	6. REPORT DATE March 1993
7. NUMBER OF PAGES 33 (3 Annexes)	8. NUMBER OF REFERENCES 6	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE The construction of the Small scale Cook-off Bomb (SCB) at the TNO-PML (De constructie van de Small scale Cook-off Bomb (SCB) op het PML-TNO)		
11. AUTHOR(S) J.H.G. Scholtes J.C. Makkus		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Prins Maurits Laboratory P.O. Box 45, 2280 AA Rijswijk, The Netherlands		
13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) DMKL, afd. Munitie P.O. Box 90822, 2509 LV The Hague		
14. SUPPLEMENTARY NOTES The classification designation: ONGERUBRICEERD is equivalent to: UNCLASSIFIED		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE)) In the scope of the project "Thermal Initiation" the construction of the "Small scale Cook-off Bomb (SCB) from test series 1 and 2 of the UN Orange Book [1] has been started in the spring of 1991. Besides the fact that this test will contribute to the research program, it contributes to the harmonisation of the tests described in these recommendations of the UN. After some research in literature construction of the SCB was started. During this construction it became obvious that the type and dimensions were not always fully specified in the UN Orange Book. After some preliminary tests, experiments with TNT, RDX and AN were performed. By comparison of our results with those of the UN it became obvious that the prescribed heating rate was not correct. Using a constant controlled heating rate or a constant power was another dissension we encountered, as well as the degree of confinement to use. Further research will be necessary to come to a correct prescription of the SCB in the UN recommendations. After some minor corrections of the construction and its prescription this simple test can still be used for classification of explosive compounds in test series 1 and 2.		
16. DESCRIPTORS Cook-off SCB (Small Scale Cook-off) Tests Sensitivity		IDENTIFIERS Thermal Initiation
17A. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) ONGERUBRICEERD	17B. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) ONGERUBRICEERD	17C. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) ONGERUBRICEERD
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT Unlimited Distribution		17D. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) ONGERUBRICEERD

Distributielijst

- 1 DWOO
- 2 HWO-KL
- 3/4 HWO-KLu
- 5 HWO-KM
- 6 DMKL, afdeling Munitie
Ing. J.A. van Gool
- 7 TDCK
- 8 Hoofddirecteur DO-TNO
- 9 Lid Instituuts Advies Raad PML
Prof. drs. P.J. van den Berg
- 10 Lid Instituuts Advies Raad PML
Prof. ir. M.A.W. Scheffelaar
- 11 Lid Instituuts Advies Raad PML
Prof. ir. H. Wittenberg
- 12 PML-TNO, Directeur; daarna reserve
- 13 PML-TNO, Directeur Programma; daarna reserve
- 14 PML-TNO, Divisie Munitietechnologie en Explosieveiligheid,
Hoofd Groep Eigenschappen Energetische Materialen
- 15/16 PML-TNO, Divisie Munitietechnologie en Explosieveiligheid,
Groep Eigenschappen Energetische Materialen
- 17 PML-TNO, Documentatie
- 18 PML-TNO, Archief