



**Comité d'experts du transport des marchandises dangereuses
et du Système général harmonisé de classification
et d'étiquetage des produits chimiques****Sous-Comité d'experts du transport des marchandises dangereuses****Quarante-troisième session**

Genève, 24-28 juin 2013

Point 2 a) de l'ordre du jour provisoire

Explosifs et questions connexes: épreuves et critères relatifs aux compositions éclair**Proposition de modification de l'épreuve des compositions
éclair des États-Unis visant à mesurer les caractéristiques
de détonation et de déflagration****Communication de l'expert des États-Unis d'Amérique¹****Introduction**

1. À la quarante et unième session, il a été décidé de modifier le NOTA 2 du 2.1.3.5.5 pour la classification des artifices de divertissement dans le Règlement type et d'ajouter une nouvelle épreuve des compositions éclair des États-Unis à l'appendice 7 du Manuel d'épreuves et de critères (voir ST/SG/AC.10/C.3/78, par. 20 et 21, et ST/SG/AC.10/C.3/82/Add.1, annexes I et II). Toutefois, à la quarante-deuxième session, l'expert des Pays-Bas a présenté le document ST/SG/AC.10/C.3/2012/78 qui remettait en question la comparabilité des résultats fournis respectivement par la nouvelle épreuve et par l'actuelle méthode HSL et qui proposait de renvoyer l'adoption finale à la prochaine période biennale, le but étant d'élargir les critères de l'épreuve des États-Unis de manière à inclure les caractéristiques concernant la déflagration aussi bien que la détonation de certains mélanges pyrotechniques.

2. À la quarante-deuxième session, l'expert des États-Unis d'Amérique a aussi présenté de nouvelles données dans le document informel INF.28 qui traite de la concordance des résultats fournis par l'épreuve HSL des compositions éclair et par l'épreuve des compositions éclair des États-Unis. Après un long débat, il a été décidé, par un vote à la majorité, de reporter l'adoption de la méthode des compositions éclair des États-Unis jusqu'à ce que de nouvelles études aient été effectuées.

¹ Conformément au programme de travail du Sous-Comité pour 2013-2014, adopté par le Comité à sa sixième session (voir ST/SG/AC.10/C.3/84, par. 86, et ST/SG/AC.10/40, par. 14).

3. L'expert des États-Unis reconnaît qu'une meilleure concordance entre les deux épreuves présenterait des avantages aussi bien pour les fabricants et importateurs qui souhaitent classer correctement leurs produits que pour les autorités chargées de faire appliquer la réglementation qui doivent évaluer les matériels douteux. Des classifications différentes résultant de l'application de plusieurs méthodes d'épreuve risquent de nuire à la crédibilité du système de classification par défaut des artifices de divertissement et ne permettraient ni d'améliorer la sécurité du public lors du transport ni de simplifier les contraintes réglementaires qui pèsent sur le commerce des artifices de divertissement.

4. Le présent document de travail examine comment modifier l'épreuve des compositions éclair des États-Unis pour mesurer les possibilités de déflagration et de détonation et présente de nouveaux résultats d'épreuve obtenus avec les deux méthodes qui montrent comment on peut accroître leur degré de concordance.

Examen

5. Partant de l'hypothèse selon laquelle on peut mesurer aussi la profondeur de l'indentation (en plus de la perforation) sur la plaque témoin en acier dans l'épreuve des États-Unis, on a tenté de répondre aux quatre questions suivantes:

- a) Quelle est la meilleure mesure – profondeur de l'indentation ou volume déplacé?
- b) Est-il préférable d'utiliser la moyenne de trois mesures ou la valeur maximale des trois mesures?
- c) Quel rôle jouent les caractéristiques de la plaque témoin en acier?
- d) Comment définir les critères d'indentation pour parvenir à une comparabilité maximale par rapport à l'épreuve HSL actuelle?

Ces questions sont examinées dans l'annexe au présent document (en anglais seulement).

Propositions

6. Modifier l'épreuve des compositions éclair des États-Unis adoptée à titre provisoire à la réunion du Sous-Comité en juin 2012 sur les deux points suivants:

- a) Les spécifications de la plaque témoin en acier d'une épaisseur de 1,0 mm doivent être précisées; et
- b) Un deuxième critère d'acceptation sera introduit pour le cas où la plaque n'est ni perforée ni percée: la profondeur moyenne de l'indentation (de trois plaques témoins) ne devra pas être supérieure à 15 mm pour que la matière soit considérée comme une composition éclair.

Les modifications du texte du ST/SG.AC.10/C.3/78, par. 20 et 21, et du ST/SG/AC.10/C.3/82/Add.1, annexes I et II, sont indiquées ci-dessous en caractères gras.

7. Amendements proposés à l'appendice 7 du Manuel d'épreuves et de critères (voir le document ST/SG/AC.10/C.3/82/Add.1, annexe I; les modifications sont indiquées en caractères gras).

Le titre de l'appendice 7 devient: «Épreuve des compositions éclair».

Insérer au début une nouvelle sous-section intitulée «A. Épreuve HSL des compositions éclair».

Ajouter à la fin la nouvelle épreuve suivante:

«B. Épreuve des compositions éclair des États-Unis

1. Introduction

Cette épreuve peut servir à déterminer si une matière pyrotechnique, sous forme de poudre ou en tant que composant pyrotechnique élémentaire, telle que présentée dans les artifices de divertissement, qui est utilisée pour produire un effet sonore, ou utilisée en tant que charge d'éclatement ou en tant que charge propulsive, peut être considérée comme une "composition éclair" aux fins du Tableau de classification par défaut des artifices de divertissement qui figure au 2.1.3.5.5 du Règlement type.

2. Appareillage et matériels

Le dispositif d'essai se compose des éléments suivants:

- Un tube porte-échantillon en carton épais, d'un diamètre intérieur d'au moins 25 mm et d'une hauteur de 150 mm, l'épaisseur maximale de la paroi étant de 3,8 mm, et fermé à la base par un disque, un bouchon ou une capsule en papier ou carton fin, suffisant à maintenir l'échantillon;
- Une plaque témoin en acier de 1,0 mm d'épaisseur et de 160 mm de côté **en acier ST37 ou S235JR, d'une densité de 7 850 kg/m³, avec une limite d'élasticité de 185-355 N/mm², une résistance à la rupture de 340 N/mm² et une limite de rupture de 26 % ou l'équivalent;**
- Un allumeur électrique, par exemple une tête d'amorce électrique, avec des fils en plomb d'une longueur minimale de 30 cm;
- Un manchon de confinement en acier doux (pesant environ 3 kg) creusé dans un bloc massif d'une profondeur supérieure de 1 mm à celle de la longueur totale du tube porte-échantillon, d'un diamètre intérieur de 38 mm, d'un diamètre extérieur de 63 mm et de 165 mm de haut, qui comporte une entaille ou une rainure dans un rayon de l'extrémité ouverte suffisant pour permettre le passage des fils de l'allumeur (une poignée en acier résistant peut être fixée au manchon de confinement pour faciliter la manipulation);
- Une entretoise annulaire en acier d'une hauteur de 50 mm environ et d'un diamètre intérieur de 95 mm environ;
- Une base métallique solide, par exemple une plaque de 25 mm d'épaisseur environ de forme carrée de 150 mm de côté environ.

3. Mode opératoire

3.1 Avant l'épreuve, la matière pyrotechnique est placée pendant au moins vingt-quatre heures dans un dessiccateur à une température comprise entre 20 et 30 °C. Vingt-cinq (25) grammes de masse nette de la matière pyrotechnique soumise à l'épreuve, sous forme de poudre ou de granules ou comme enduit sur un substrat, est pesée puis versée avec précaution dans un tube porte-échantillon en carton dont l'extrémité inférieure est fermée au moyen du disque, du bouchon ou de la capsule en carton. Après le remplissage, le disque, le bouchon ou la capsule supérieure en carton peut être introduit sans forcer pour éviter le déversement de l'échantillon pendant son transport jusqu'au banc d'essai. La

hauteur de la matière dans le tube varie selon sa densité. On doit d'abord tasser l'échantillon en tapant légèrement le tube sur une surface non susceptible de produire des étincelles. La densité finale de la matière pyrotechnique dans le tube devrait être aussi proche que possible de sa densité lorsqu'il est contenu dans un dispositif pour artifices de divertissement.

3.2 La plaque témoin est placée sur l'entretoise annulaire. S'il y a lieu, le disque, le bouchon ou la capsule en carton qui avait été posé éventuellement sur le tube porte-échantillon est enlevé et l'allumeur électrique est introduit au sommet de la matière pyrotechnique soumise à l'épreuve et placé visuellement à une profondeur approximative de 10 mm. Le disque, le bouchon ou la capsule en carton de l'extrémité supérieure est inséré ou réinséré, ce qui fixe la position de l'allumeur dans le tube porte-échantillon et sa profondeur. Les fils sont recourbés et descendus le long de la paroi puis, à la partie inférieure, dirigés vers l'extérieur. Le tube porte-échantillon est placé verticalement et centré sur la plaque témoin en acier. Le manchon de confinement en acier est placé au-dessus du tube porte-échantillon. Les fils sont placés de manière à passer par la rainure pratiquée au bord inférieur du manchon de confinement en acier, prêts à être reliés au circuit de mise à feu. Voir la figure A7.10 comme exemple du dispositif d'essai.

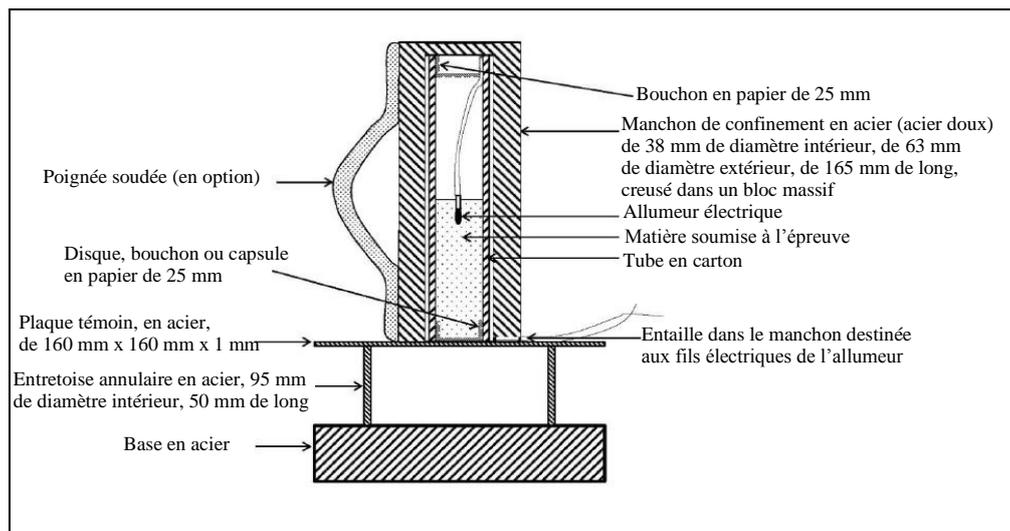
3.3 L'allumeur électrique est ensuite amorcé à partir d'un emplacement sûr. Après l'amorçage et un temps d'attente approprié, la plaque témoin est récupérée et examinée. L'épreuve est exécutée trois fois à moins qu'un résultat positif ne soit observé lors de la première ou de la deuxième fois.

4. Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

On considère que le résultat est positif (+) et que la matière est une composition éclair si:

- a) Lors d'un essai, la plaque témoin est arrachée, perforée, percée ou **pénétrée**;
- ou
- b) **La profondeur moyenne des indentations des plaques témoin en acier épais de 1,0 mm est supérieure à 15 millimètres.**

Figure A7.10



»

8. Amendements proposés au Règlement type (voir le document ST/SG/AC.10/C.3/82/Add.1, annexe II; les modifications sont indiquées en caractères gras)

Modifier le NOTA du 2.1.3.5.5 comme suit:

«**NOTA 2:** Le terme “Composition éclair” dans ce tableau se réfère à des matières pyrotechniques, sous forme de poudre ou en tant que composant pyrotechnique élémentaire, telles que présentées dans les artifices de divertissement, qui sont utilisées pour produire un effet sonore, ou utilisées en tant que charge d’éclatement ou en tant que charge propulsive, à moins:

- a) Que la matière pyrotechnique donne un résultat négatif (-) à l’épreuve des compositions éclair des États-Unis figurant à l’appendice 7 du Manuel d’épreuves et de critères; ou
- b) Qu’il ait été démontré que le temps de montée en pression de ces matières est supérieur à 6 ms pour 0,5 g de matière pyrotechnique dans l’épreuve HSL des compositions éclair figurant à l’appendice 7 du Manuel d’épreuves et de critères.».

Annexe

[Anglais seulement]

Discussion of the four questions in paragraph 5

1. Expanding on the conceptual idea of additionally measuring plate indentation effects (as well as the puncture or piercing phenomenon) on the steel witness plate in the US Test, answers to the following four questions were sought in this work:

- (a) Which measurement is better – indentation depth or volume displacement?
- (b) Is it better to use the average of three measurements or the maximum of three measurements?
- (c) What effects do the properties of the steel witness plate play?
- (d) How to choose the indentation criteria to maximize comparability to the existing HSL Test?

Experimental I – Depth vs. Volume? Average Values vs. Maximum Values?

2. Data from informal document UN/SCETDG/42/INF.28 previously obtained on indentation depths (average and maximum) for 9 formulations with 1.219 mm (18 Gage) thick steel witness plates and those 5 formulations with 0.912 mm (20 Gage) thick steel witness plates not punctured or pierced (See Figures 1 and 2 below for technique of measurement.). The indentation depth data was expanded for this work to include an additional 14 formulations not previously tested with 0.912 mm thick steel witness plates and the average and maximum indentation depth values are summarized in columns 3, 4, 7 and 8 of Table IA below

Figure 1
Micrometer “Zeroing”

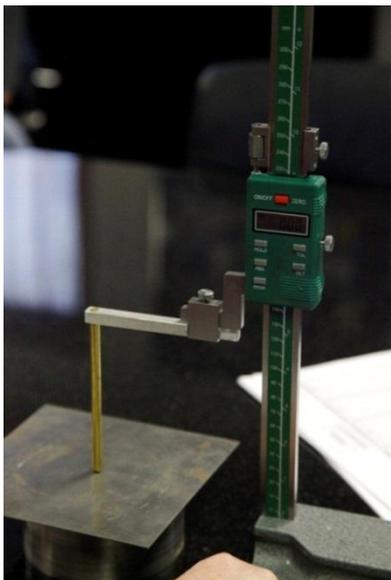
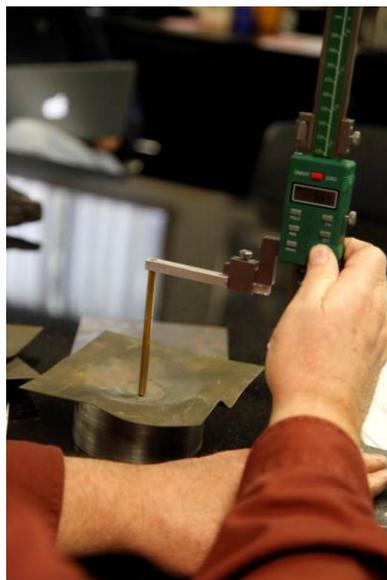


Figure 2
Micrometer Measuring at Deepest Point



3. In addition, each set of three 1.219 mm and 0.912 mm steel witness plates for those same 19 compositions which did not puncture through were measured for average and maximum displacement volumes in milliliters of dry fine sand (see Figures 3 through 5 below for technique of measurement.) For each set of three trials, the average and maximum (of 3) indentation volume data for both the 1.219 mm and 0.912 mm witness plates is summarized in columns 5, 6, 9 and 10 of Table IA below

Figure 3: Filling the indentation in the steel witness plate with dry sand



**Figure 4:
Emptying the Plate**



**Figure 5:
Figure 5. Quantifying Displacement**



4. Common beach sand was for the indentation volume displacement measurements with the following particle size analysis: 78.0% Thru 250 micron screen, 16.6% Thru 149 micron screen, 3.9% Thru 105 micron screen, 1.0% Thru 74 micron screen, 0.2% Thru 53 micron screen, 0.06% Thru 44 micron screen and 0.14% Residue On 37 micron screen.

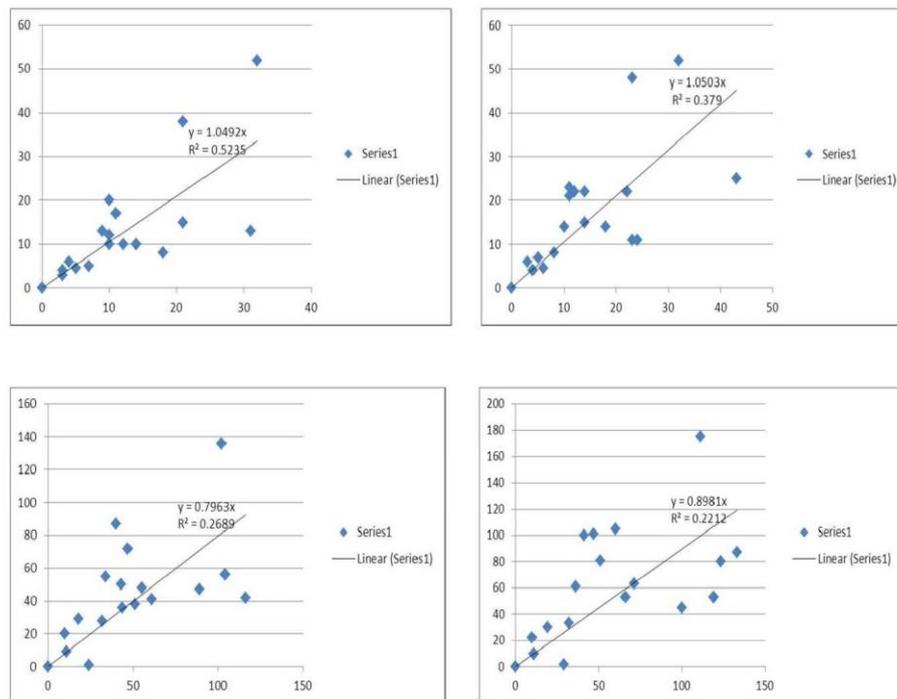
Table IA - Correlation of Steel Witness Plate Indentation Depths & Volumes for Formulations 1-30

Formulation Number	1.219 mm Witness Plates (18 Gage)				0.912 mm Steel Witness Plates (20 Gage)			
	Dent Depth, Ave (3)	Dent Depth, Max of 3	Dent Volume, Ave (3)	Dent Volume, Max of 3	Dent Depth, Ave. (3)	Dent Depth, Max of 3	Dent Volume, Ave. (3)	Dent Volume, Max of 3
1	9 mm	10 mm	34 cc	36 cc	13 mm	14 mm	55 cc	61 cc
2	21 mm	23 mm	102 cc	111 cc	38 mm	48 mm	136 cc	175 cc
3	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture
4	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture
5	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture
6	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture
7	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture
8	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture
9	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Punctures	Punctures
10	32 mm (P)	32mm (P)	Puncture	Puncture	52mm(P)	52mm(P)	Puncture(2)	160 cc (1)
11	5 mm	6 mm	24 cc	29 cc	4.5 mm	4.5 mm	1 cc	2 cc
12	18 mm	24 mm	89 cc	119 cc	8 mm	11 mm	47 cc (2)	53 cc
13	31 mm	43 mm	116 cc	133 cc	13 mm	25 mm	42 cc	87 cc
14	14 mm	23 mm	61 cc	100 cc	10 mm	11 mm	41 cc	45 cc
15	12 mm	14 mm	51 cc	66 cc	10 mm	15 mm	38 cc	53 cc
16	10 mm	12 mm	43 cc	47 cc	12 mm	22 mm	50 cc	101 cc
17	11 mm	14 mm	47 cc	60 cc	17 mm	22 mm	72 cc	105 cc
18	7 mm	8 mm	32 cc	32 cc	5 mm	8 mm	28 cc (2)	33 cc (2)
19	21 mm	22 mm	104 cc	123 cc	15 mm	22 mm	56 cc	80 cc
20	10 mm	11 mm	44 cc	51 cc	10 mm	23 mm	36 cc	81 cc
21	14 mm	18 mm	55 cc	71 cc	10 mm	14 mm	48 cc	63 cc
22	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 cc	0 cc
23	24 mm	29 mm	104 cc	127 cc	Puncture	Puncture	Punctures	Punctures
24	10 mm	11 mm	40 cc	41 cc	20 mm	21mm	87 cc	100 cc
25	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture
26	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture
27	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture
28	3 mm	3 mm	10 cc	10 cc	4 mm	6 mm	20 cc	22 cc
29	4 mm	5 mm	18 cc	19 cc	6 mm	7 mm	29 cc	30 cc
30	3 mm	4 mm	11 cc	11 cc	3 mm	4 mm	9 cc	10 cc

5. In order to determine which metric was the best possible choice – either:
- Indentation Depth – Ave. of 3;
 - Indentation Depth – Max. of 3;
 - Indentation Volume – Ave. of 3; or
 - Indentation Volume – Max. of 3.

Graphs of the data for all formulations that were tested with 1.219mm (18 Gage) thick witness plates were compared against data for the same formulation data tested with the 0.912 mm (20 Gage) thick witness plates. A linear correlation was assumed probable between the two differing thickness of steel for the same formulation and each of the four metrics was tested for degree of correlation using least squares (R^2) analysis. The four graphs are shown in Figure 6 below.

Figure 6



6. The average indentation depth metric had the highest correlation between two thicknesses of steel witness plate with an R^2 value of 0.5235. The maximum indentation depth had the second highest correlation between two thickness of steel plate with an R^2 value of 0.379. The indentation volume metrics had significantly lower R^2 values and were not considered further. Therefore, the average (of 3) indentation depth measurement was considered the best metric to standardize the US Flash Composition Method against for measurement of deflagration characteristics.

Experimental II – Variable Steel Properties Other Than Thickness?

7. Although all prior US Flash Composition Testing had been performed with US made 18 Gage (1.219 mm thick) and 20 Gage (0.912 mm thick) steel witness plates, in order to explore the role of the steel witness plate sources play in the outcomes of the test, a small sample (60) of true 1.0 mm thick steel witness plates was obtained from Stuttgart, Germany. The reported properties of these German-sourced steel plates given by the supplier were as follows:

- A “Standard steel” in Germany, called ST37 or Steel S235JR;
- Density = 7850 Kg/m³;
- Stretch Limit = 185-355 N/mm²;
- Ultimate Strength = 340 N/mm²;
- Break Limit = 26%.

8. Two 1.0 mm steel witness plates were tested with each of five formulations for which 18 Gage and 20 Gage US Steel witness plate data had been previously obtained. These formulations were 2, 11, 14, 16 and 18. The results as shown in Table 1B were as follows:

Table 1B - Correlation of Steel Witness Plate Indentation Depths and Volumes for Formulations 1-30

Formulation Number	1.219 mm Witness Plates (18 Gage)				0.912 mm Steel Witness Plates (20 Gage)				1.0 mm Steel Witness Plates			
	Dent Depth, Ave (3)	Dent Depth, Max of 3	Dent Volume, Ave (3)	Dent Volume, Max of 3	Dent Depth, Ave. (3)	Dent Depth, Max of 3	Dent Volume, Ave. (3)	Dent Volume, Max of 3	Dent Depth, Ave. (2)	Dent Depth, Max of 2	Dent Volume, Ave. of 2	Dent Volume, Max of 2
1	9 mm	10 mm	34 cc	36 cc	13 mm	14 mm	55 cc	61 cc				
2	21 mm	23 mm	102 cc	111 cc	38 mm	48 mm	136 cc	175 cc	22 mm	25 mm	93 cc	110 cc
3	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture				
4	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture				
5	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture				
6	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture				
7	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture				
8	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture				
9	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Punctures	Punctures				
10	32 mm (P)	32mm (P)	Puncture	Puncture	52mm(P)	52mm(P)	Puncture(2)	160 cc (1)				
11	5 mm	6 mm	24 cc	29 cc	4.5 mm	4.5 mm	1 cc	2 cc	1 mm	1 mm	5 cc	5 cc
12	18 mm	24 mm	89 cc	119 cc	8 mm	11 mm	47 cc (2)	53 cc				
13	31 mm	43 mm	116 cc	133 cc	13 mm	25 mm	42 cc	87 cc				
14	14 mm	23 mm	61 cc	100 cc	10 mm	11 mm	41 cc	45 cc	3 mm	4 mm	8 cc	10 cc
15	12 mm	14 mm	51 cc	66 cc	10 mm	15 mm	38 cc	53 cc				
16	10 mm	12 mm	43 cc	47 cc	12 mm	22 mm	50 cc	101 cc	6 mm	7 mm	19 cc	25 cc
17	11 mm	14 mm	47 cc	60 cc	17 mm	22 mm	72 cc	105 cc				
18	7 mm	8 mm	32 cc	32 cc	5 mm	8 mm	28 cc (2)	33 cc (2)	7 mm	10 mm	19 cc	32 cc
19	21 mm	22 mm	104 cc	123 cc	15 mm	22 mm	56 cc	80 cc				
20	10 mm	11 mm	44 cc	51 cc	10 mm	23 mm	36 cc	81 cc				
21	14 mm	18 mm	55 cc	71 cc	10 mm	14 mm	48 cc	63 cc				
22	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 cc	0 cc				
23	24 mm	29 mm	104 cc	127 cc	Puncture	Puncture	Punctures	Punctures				
24	10 mm	11 mm	40 cc	41 cc	20 mm	21mm	87 cc	100 cc				
25	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture				
26	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture				
27	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture	Puncture				
28	3 mm	3 mm	10 cc	10 cc	4 mm	6 mm	20 cc	22 cc				
29	4 mm	5 mm	18 cc	19 cc	6 mm	7 mm	29 cc	30 cc				
30	3 mm	4 mm	11 cc	11 cc	3 mm	4 mm	9 cc	10 cc				

The results from the 1.0 mm thick steel witness plates did not fall in between the 1.219 mm (18 Gage) and 0.912 mm (20 Gage) US steel witness plate data as expected. Instead they more closely resembled the 1.219 mm (18 Gage) US Steel plates. Therefore it was concluded that for the method to be reproducible, a steel plate source and specification must be included in the procedure.

Experimental III – use deflagration property criteria to estimate comparability between the US and HSL flash test method?

9. Assuming that the deflagration properties of a given pyrotechnic mixture is reflected in the steel witness plate indentation results (if no puncture or piercing is evidenced) and subsequently assuming the best metric to assess that deflagration characteristic is the average indentation depth in mm, then by direct comparison between the US and HSL Flash Composition Test data, it should be possible to deduce an average indentation depth value that will give the highest degree of agreement between the two methods.

10. Twelve new compositions (five different perchlorate-containing whistle/burst mixtures and seven different perchlorate-containing color star mixtures) were evaluated for Flash Composition properties by the Modified HSL Flash Composition Test (three trials). The minimum pressure rise time (of three) was taken as the determinative result and if it

was less than 6 milliseconds the result was positive (+). These results summarized in Table II.

Table II – 12 New Formulations Evaluated for Flash Composition Properties by Modified HSL Test Apparatus

Formula Number	Composition Type	Formula Compositions (all ingredients mixed as received)	All 3 HSL Test Results, ms.	Low HSL Result, ms	Pressure Rise > 6 ms?	Flash Composition by HSL?
31	Whistle/Burst	75 wt. % Potassium Perchlorate/25 wt. % Potassium Benzoate	1.8, 2.3, 1.9	1.8	Yes	Yes
32	"	56 wt. % Potassium Perchlorate/44 wt. % Potassium Hydrogen Phthalate	2.2, 3.7, 3.2	2.2	Yes	Yes
33	"	60 wt. % Potassium perchlorate/40 wt. % Potassium Hydrogen Phthalate	4.0, 4.7, 3.5	3.5	Yes	Yes
34	"	75 wt. % Potassium Perchlorate/25 wt. % Sodium Salicylate	2.1, 1.2, 2.4	1.2	Yes	Yes
35	"	70 wt. % Potassium Perchlorate/30 wt. % Sodium Salicylate	1.4, 1.2, 1.0	1.0	Yes	Yes
36	"Red" Star Mixture	65 wt. % Potassium Perchlorate/16wt. % Strontium Carbonate/11 wt. % Red Gum/7 wt. % Sodium Oxalate/4 wt. % Dextrin/4 wt. % Charcoal(airfloat)	7.6, 22.0, 18.4	7.6	No	No
37	"Blue" Star Mixture	70 wt. % potassium Perchlorate/ 8.5wt. % Copper Oxide/8.5 wt. % Chlorowax/8.5 wt. % Rosin/4.5 wt. % Dextrin	29.6, 50.8, 40.0	29.6	No	No
38	"Green" Star Mixture	38 wt. % Potassium Perchlorate/37 wt. % Barium Nitrate/12 wt. % Red Gum/5 wt. % Chlorowax/4wt. % Charcoal(airfloat)/4 wt. % Dextrin	36.4, 56.8, 37.2	36.4	No	No
39	"Amber" Star Mixture	72 wt. % Potassium Perchlorate/16 wt. % Red Gum/ 7 wt. % Sodium Oxalate/5 wt. % Dextrin	8.0, 1.7, 18.0	1.7	Yes	Yes
40	"Silver" Star Mixture	64 wt. % Potassium Perchlorate/18 wt. % Dark "Pyro" Aluminum powder/10 wt. Bright "Pyro" aluminum powder/6 wt. % Dextrin/2 wt. % Rosin	2.0, 4.4, 2.4	2.0	Yes	Yes
41	"White" Star Mixture	80 wt. % Potassium Perchlorate/6 wt. % Charcoal(airfloat)/6 wt. % Red Gum/4 wt. % Barium Carbonate/ 4 wt. % Dextrin	40.4, 24.0, 45.2	24.0	No	No
42	Salmon Star Mixture	70 wt. % Potassium Perchlorate/ 12 wt. % Calcium Carbonate/ 12 wt. % Rosin/4 wt. % Dextrin/2 wt. % Lampblack	42.0, 40.8, 22.0	22.0	No	No

11. The same 12 new compositions were then evaluated for flash composition properties by the modified US Flash Composition Test (three trials) taking both detonation properties (puncture of the 1.0 mm thick steel witness plate) and deflagration properties (indentation depth of the 1.0 mm thick steel witness plate in millimeters) recorded. These results are summarized in Table III. A trial pass/fail average indentation depth (of 3) of 15 mm was selected to see how the results compared to the outcomes of the HSL Flash Composition Test in Table III.

Table III – 12 New Formulations Evaluated for Flash Composition Properties by Modified US Flash Composition Test Using 1.0 mm Thick Steel Witness Plates from Germany

Formula No.	Composition Type	Formula Compositions (all ingredients mixed as received)	Plate Punctured ?	Measured Indent Depths, mm.	Ave. Indent Depth, mm	Ave. Indent Depth >15mm ?	Flash Composition by US Test?
31	Whistle/Burst	75 wt. % Potassium Perchlorate/25 wt.% Potassium Benzoate	Yes (3X)	N/A	N/A	N/A	Yes
32	"	56 wt. % Potassium Perchlorate/44 wt.% Potassium Hydrogen Phthalate	No (3X)	35.0, 14.2, 6.6	18.6	Yes	Yes
33	"	60 wt.% Potassium perchlorate/40 wt.% Potassium Hydrogen Phthalate	No (3X)	22.3, 23.6, 21.4	22.7	Yes	Yes
34	"	75 wt.% Potassium Perchlorate/25 wt.% Sodium Salicylate	Yes (3X)	N/A	N/A	N/A	Yes
35	"	70 wt.% Potassium Perchlorate/30 wt.% Sodium Salicylate	Yes (2X)	23.3 (1)	23.3 (1)	Yes	Yes
36	"Red" Star Mixture	65 wt. % Potassium Perchlorate/16wt.% Strontium Carbonate/11 wt.% Red Gum/7 wt.% Sodium Oxalate/4 wt.% Dextrin/4 wt.% Charcoal(airfloat)	No (3X)	2.4, 1.5, 4.4	2.8	No	No
37	"Blue" Star Mixture	70 wt.% potassium Perchlorate/ 8.5wt.% Copper Oxide/8.5 wt.% Chlorowax/8.5 wt.% Rosin/4.5 wt.% Dextrin	No (3X)	4.3, 14.8, 2.4	7.2	No	No
38	"Green" Star Mixture	38 wt.% Potassium Perchlorate/37 wt.% Barium Nitrate/12 wt.% Red Gum/5 wt.% Chlorowax/4wt.% Charcoal(airfloat)/4 wt.% Dextrin	No (3X)	1.6, 2.5, 3.5	2.5	No	No
39	"Amber" Star Powder	72 wt.% Potassium Perchlorate/16 wt.% Red Gum/ 7 wt.% Sodium Oxalate/5 wt.% Dextrin	No (3X)	26.9, 26.1, 16.2	23.1	Yes	Yes
40	"Silver" Star Mixture	64 wt.% Potassium Perchlorate/18 wt.% Dark "Pyro" Aluminum powder/10 wt. Bright "Pyro" aluminum powder/6 wt.% Dextrin/2 wt.% Rosin	Yes (3X)	N/A	N/A	N/A	Yes
41	"White" Star Mixture	80 wt.% Potassium Perchlorate/6 wt.% Charcoal(airfloat)/6 wt.% Red Gum/4 wt.% Barium Carbonate/ 4 wt.% Dextrin	No (3X)	21.0, 6.0, 18.1	15.0	No	No
42	"Salmon" Star Mixture	70 wt.% Potassium Perchlorate/ 12 wt.% Calcium Carbonate/ 12 wt.% Rosin/4 wt.% Dextrin/2 wt.% Lampblack	No (3X)	11.8, 19.8, 4.3	12.0	No	No

12. Finally, the results for these 12 new formulations were directly compared for potential agreement between the HSL and the Modified US Flash Composition Test Methods in Table IV. As the outcomes demonstrate, there was perfect agreement between the two test methods when the Modified US Method Pass/Fail Criteria of 15 mm average indentation depth is used.

Table IV – Comparison of 12 New Formulations Evaluated for Flash Composition Properties by Both the Modified HSL and the Modified US Flash Composition Test Using 1.0 mm Thick Steel Witness Plates from Germany

Form-ula No.	Compo-sition Type	Formula Compositions (all ingredients mixed as received)	Puncture or Average Indent Depth >15mm?	Flash Com-position by US Test?	HSL Min. Press-ure rise, ms.	Flash Com-position by HSL Test?	Agree-ment Be-tween Tests?
31	Whistle/Burst	75 wt. % Potassium Perchlorate/25 wt.% Potassium Benzoate	Puncture (3X)	Yes	1.8	Yes	Yes
32	"	56 wt. % Potassium Perchlorate/44 wt.% Potassium Hydrogen Phthalate	18.6 mm	Yes	2.2	Yes	Yes
33	"	60 wt.% Potassium perchlorate/40 wt.% Potassium Hydrogen Phthalate	22.7 mm	Yes	3.5	Yes	Yes
34	"	75 wt.% Potassium Perchlorate/25 wt.% Sodium Salicylate	Puncture (3X)	Yes	1.2	Yes	Yes
35	"	70 wt.% Potassium Perchlorate/30 wt.% Sodium Salicylate	Puncture (2X)	Yes	1.0	Yes	Yes
36	"Red" Star Mixture	65 wt. % Potassium Perchlorate/16wt.% Strontium Carbonate/11 wt.% Red Gum/7 wt.% Sodium Oxalate/4 wt.% Dextrin/4 wt.% Charcoal(airfloat)	2.8 mm	No	7.6	No	Yes
37	"Blue" Star Mixture	70 wt.% potassium Perchlorate/ 8.5wt.% Copper Oxide/8.5 wt.% Chlorowax/8.5 wt.% Rosin/4.5 wt.% Dextrin	7.2 mm	No	29.6	No	Yes
38	"Green" Star Mixture	38 wt.% Potassium Perchlorate/37 wt.% Barium Nitrate/12 wt.% Red Gum/5 wt.% Chlorowax/4wt.% Charcoal(airfloat)/4 wt.% Dextrin	2.5 mm	No	36.4	No	Yes
39	"Amber" Star Mixture	72 wt.% Potassium Perchlorate/16 wt.% Red Gum/ 7 wt.% Sodium Oxalate/5 wt.% Dextrin	23.1mm	Yes	1.7	Yes	Yes
40	"Silver" Star Mixture	64 wt.% Potassium Perchlorate/18 wt.% Dark "Pyro" Aluminum powder/10 wt. Bright "Pyro" aluminum powder/6 wt.% Dextrin/2 wt.% Rosin	Puncture (3X)	Yes	2.0	Yes	Yes
41	"White" Star Mixture	80 wt.% Potassium Perchlorate/6 wt.% Charcoal(airfloat)/6 wt.% Red Gum/4 wt.% Barium Carbonate/ 4 wt.% Dextrin	15.0 mm	No	24.0	No	Yes
42	"Salmon" Star Mixture	70 wt.% Potassium Perchlorate/ 12 wt.% Calcium Carbonate/ 12 wt.% Rosin/4 wt.% Dextrin/2 wt.% lampblack	12.0 mm	No	22.0	No	Yes