

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

**CEI
IEC**

TECHNICAL SPECIFICATION

TS 60695-7-50

Première édition
First edition
2002-09

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 7-50:

Toxicité de l'effluent du feu –

Estimation de la puissance toxique –

Appareillage et méthode d'essai

Fire hazard testing –

Part 7-50:

Toxicity of fire effluent –

Estimation of toxic potency –

Apparatus and test method



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC/TS 60695-7-50:2002

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

**CEI
IEC**

TECHNICAL SPECIFICATION

TS 60695-7-50

Première édition
First edition
2002-09

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 7-50:

Toxicité de l'effluent du feu –

Estimation de la puissance toxique –

Appareillage et méthode d'essai

Fire hazard testing –

Part 7-50:

Toxicity of fire effluent –

Estimation of toxic potency –

Apparatus and test method

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
AVERTISSEMENT	10
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	12
3 Définitions	14
4 Philosophie générale	16
5 Historique	18
6 Méthode d'essai	20
6.1 Introduction	20
6.2 Appareillage	20
7 Calibrage des débits d'air	24
8 Calibrage du profil de température du four tubulaire	24
8.1 Généralités	24
9 Préparation de l'éprouvette	26
10 Mode opératoire	28
10.1 Conditions de décomposition	28
10.2 Echantillonnage des effluents	28
10.3 Contrôle de la température	30
11 Expression des résultats	30
11.1 Généralités	30
11.2 Rapport minimum	32
12 Calcul de la puissance toxique	32
12.1 Méthodes de calcul	32
12.2 Utilisation des données concernant la puissance toxique dans les analyses des risques toxiques	32
Bibliographie	42
Figure 1 – Four tubulaire pour décomposition et appareillage d'échantillonnage	36
Figure 2 – Dimensions du tube en quartz et de la nacelle	38
Figure 3 – Exemples de dimensions de la chambre de mélange	40
Tableau 1 – Classification générale des stades de feu conformément à l'ISO/TR 9122-1	18
Tableau 2 – Conditions d'essai	28

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
WARNING	11
1 Scope	13
2 Normative references	13
3 Definitions	15
4 General philosophy	17
5 Background	19
6 Test method	21
6.1 Introduction	21
6.2 Apparatus	21
7 Calibration of air flow rates	25
8 Calibration of the tube furnace temperature profile	25
8.1 General	25
9 Test specimen preparation	27
10 Procedure	29
10.1 Decomposition conditions	29
10.2 Sampling of effluent	29
10.3 Temperature monitoring	31
11 Expression of results	31
11.1 General	31
11.2 Minimum reporting	33
12 Calculation of toxic potency	33
12.1 Calculation methods	33
12.2 Use of toxic potency data in toxic hazard analyses	33
Bibliography	43
Figure 1 – Tube furnace decomposition and sampling apparatus	37
Figure 2 – Dimensions of quartz furnace tube and test specimen boat	39
Figure 3 – Example dimensions of the mixing chamber	41
Table 1 – General classification of fire stages in accordance with ISO/TR 9122-1	19
Table 2 – Test conditions	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

**Partie 7-50: Toxicité de l'effluent du feu –
Estimation de la puissance toxique –
Appareillage et méthode d'essai**

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente spécification technique peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat.

Les spécifications techniques font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

La CEI 60695-7-50, qui est une spécification technique, a été établie par le comité 89 de la CEI: Essais relatifs aux risques du feu.

Elle a le statut de publication fondamentale de sécurité, conformément au Guide 104 de la CEI.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRE HAZARD TESTING –

**Part 7-50: Toxicity of fire effluent –
Estimation of toxic potency –
Apparatus and test method**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this technical specification may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

IEC 60695-7-50, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104.

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
89/505/DTS	89/534A/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette spécification technique.

Cette spécification technique doit être utilisée conjointement avec la CEI 60695-1-1 et la CEI 60695-7-51 qui décrit comment les données obtenues par la méthode d'essai de la présente spécification technique peuvent être utilisées pour calculer les puissances toxiques.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IECNORM.COM . Click to view the full PDF of IEC TS 60695-7-50:2002

The text of this technical specification is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
89/505/DTS	89/534A/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical specification can be found in the report on voting indicated in the above table.

This technical specification is to be used in conjunction with IEC 60695-1-1 and IEC 60695-7-51 which describes how data from the test method described in this technical specification can be used to calculate toxic potencies.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

Au cours des dix dernières années, le TC 92 SC 3 de l'ISO a été chargé d'étudier les méthodologies pour la réduction du risque toxique dû au feu. Ces travaux ont donné lieu à la série de documents guides ISO/TR 9122. De la même manière, le CE 89 GT 7 de la CEI a été chargé d'appliquer les lignes directrices du TC 92 SC 3 de l'ISO dans le domaine des produits électrotechniques et a établi la série de normes CEI 60695-7.

Les prescripteurs, les législateurs et les acheteurs de produits électrotechniques ont essayé d'assurer une réduction du risque toxique dû au feu en utilisant les résultats d'essais de décomposition de matériaux à petite échelle, alliés à l'analyse chimique de produits choisis. Ces résultats d'analyse sont souvent utilisés dans les calculs, fréquemment avec la LC_{50} comme indicateur de la puissance toxique, pour calculer les indices de toxicité qui sont ensuite utilisés soit pour classer les produits soit pour prendre des décisions quant à leur bonne adaptation à des applications particulières.

Selon les lignes directrices du TC 92 SC 3 de l'ISO, un grand nombre d'essais utilisés n'est pas approprié pour la détermination de la puissance toxique des effluents du feu, souvent en raison de la nature imparfaite du modèle de feu. De plus, l'ISO recommande de ne jamais utiliser ces mesures de puissance toxique de manière isolée pour spécifier des produits mais que de telles mesures fassent partie d'une analyse globale du risque (voir CEI 60695-7-1).

Il existe une théorie selon laquelle, en première approche, toutes les atmosphères de feu peuvent être classées comme égales du point de vue de la puissance toxique et selon laquelle la minimalisation du risque toxique au feu est réalisée au mieux en limitant l'allumage et la vitesse de développement du feu, avec la minimalisation de l'obscurcissement par la fumée et en rendant l'évacuation plus facile. Cette vue ne donne donc aucune prescription pour les essais de puissance toxique. Cependant, les prescripteurs, les législateurs et les acheteurs de produits électrotechniques continuent de faire pression pour mesurer et utiliser les données de puissance toxique des matériaux et des produits. De plus, le TC 92 SC 3 de l'ISO est toujours d'avis que les données de puissance toxique sont toujours nécessaires pour être utilisées dans les calculs d'évaluation du risque.

Dans cet esprit, le TC 89 de la CEI a proposé un projet pour développer un essai pratique à petite échelle pour la puissance toxique qui, en vertu de sa capacité à donner des modèles de stades définis de feu réel, donnerait des données de puissance toxique adaptées pour être utilisées dans une évaluation complète du risque. Cette proposition de méthode d'essai suit les lignes directrices du TC 92 SC 3 de l'ISO en termes de modèle de feu utilisé et de méthodes de mesure des effluents. La CEI 60695-7-51 couvre le calcul et l'interprétation des résultats d'essai, de nouveau en suivant les lignes directrices du TC 92 SC 3 de l'ISO.

INTRODUCTION

Over the past ten years, ISO TC 92 SC 3 has been given the task of examining methodologies for reducing the toxic hazard from fire. This work has resulted in a series of guidance documents, ISO/TR 9122. Similarly, IEC TC 89 WG 7 has been given the task of applying the guidance of ISO TC 92 SC 3 in the field of electrotechnical products and has produced the IEC 60695-7 series of standards.

Specifiers, legislators and purchasers of electrotechnical products have tried to ensure a reduction in toxic hazard from fires by utilizing the results of small-scale decomposition tests on materials, allied with chemical analysis of selected products. These analytical results are often used in calculations, frequently allied with the LC_{50} as an indicator of toxic potency, to calculate toxicity indices which are then used either to rank products or to provide go/no-go decisions on their suitability for particular applications.

According to the guidance of ISO TC 92 SC 3, many of the tests used are inappropriate for determining the toxic potency of fire effluent, often due to the flawed nature of the fire model. In addition, ISO advises that measurements of toxic potency should never be used in isolation for specifying products, but that such measurements should form part of an overall hazard analysis (see IEC 60695-7-1).

There is a view that, as a first approximation, all fire atmospheres can be classified as equal in toxic potency, and that minimization of toxic hazard in fire is best accomplished by limiting ignition and fire growth rate, together with minimization of smoke obscuration and facilitation of escape. This view, therefore, has no requirement for toxic potency testing. However, pressure remains from specifiers, legislators and purchasers of electrotechnical products to measure and use toxic potency data from materials/products. In addition, it is the view of ISO TC 92 SC 3 that toxic potency data is still required for use in hazard assessment calculations.

Accordingly, IEC TC 89 proposed a work item to develop practical small-scale test for toxic potency which, by virtue of its ability to model defined stages of a real fire, would yield toxic potency data suitable for use in a full hazard assessment. This proposed test method follows the guidance of ISO TC 92 SC 3, in terms of the fire model used, and in methods of measurement of effluent. IEC 60695-7-51 covers the calculation and interpretation of test results, again following the guidance of ISO TC 92 SC 3.

AVERTISSEMENT

A Eviter les interférences trompeuses

Cette méthode d'essai doit être uniquement utilisée pour mesurer et décrire les propriétés des matériaux, des produits ou des systèmes en réponse à la chaleur ou aux flammes dans des conditions contrôlées de laboratoire et il convient de ne pas la prendre en compte et de ne pas l'utiliser seule pour décrire ou apprécier le risque du feu des matériaux, produits ou systèmes dans des conditions réelles de feu ou comme source unique pouvant servir de fondement aux règlements sur la toxicité.

B Eviter le danger pour les opérateurs d'essai

Ce mode opératoire implique des processus de combustion pouvant présenter des risques de feu dus aux produits de la combustion. Pour éviter toute fuite accidentelle de produits de combustion dangereux, il convient de placer le système complet (appareillage de combustion et système d'exposition) dans une hotte avec un système de ventilation vers l'extérieur.

Le bon fonctionnement du système de ventilation doit être vérifié avant de réaliser les essais, et celui-ci doit être raccordé à un système d'évacuation ayant une capacité appropriée.

Etant donné que dans des circonstances défavorables, il peut se produire une combustion ou une explosion de manière extrêmement rapide lorsque le dispositif fonctionne, un écran de protection entre l'opérateur et l'appareillage est recommandé et, de plus, il convient de veiller à ce que la sortie des gaz à l'extrémité du tube en quartz ait le plus grand diamètre possible.

WARNING

A Avoidance of misleading interference

This test method shall be used solely to measure and describe the properties of materials, products or systems in response to heat or flame under controlled laboratory conditions and should not be considered or used by itself for describing or appraising the fire hazard of materials, products or systems under actual fire conditions or as the sole source on which regulations pertaining to toxicity can be based.

B Avoidance of danger to test operators

This test procedure involves combustion processes in which fire hazards may exist from combustion products. To avoid accidental leakage of hazardous combustion products, the entire system (combustion apparatus and exposure system) should be placed in a fume cupboard with an external venting system.

The venting system shall be checked for proper operation before testing and shall discharge into an exhaust system with adequate capacity.

As, in unfavourable circumstances, extremely rapid combustion or explosion can occur when the device is in operation, a protective screen between the operator and the apparatus is recommended and, in addition, care should be taken to ensure that the gas outlet at the end of the quartz furnace tube has as large a diameter as possible.

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 7-50: Toxicité de l'effluent du feu – Estimation de la puissance toxique – Appareillage et méthode d'essai

1 Domaine d'application

Cette spécification technique décrit une méthode d'essai pour la production d'effluents du feu, l'identification et la mesure des produits de combustion qui les constituent. Elle utilise une éprouvette mobile et un four tubulaire à différentes températures et débits d'air comme modèle de feu. Cette méthode d'essai est conçue pour reproduire certaines conditions de décomposition dans une gamme de types de feu dont les caractéristiques sont données dans l'ISO/TR 9122-1.

Stade 1b Décomposition sans flammes (oxydation)

Stade 2 Feu en développement (avec flammes)

Stade 3a Feu complètement développé (avec flammes), ventilation relativement faible

La méthode décrite dans cette spécification technique est conçue pour offrir un modèle proche de ces trois principaux stades de feu et peut également permettre de donner un modèle pour d'autres en fonction des nécessités. Dans cet essai, la mesure des effluents du feu est réalisée en utilisant des éprouvettes de matériaux qui peuvent être prélevées sur des produits finis, ou, si l'appareillage et la méthode le permettent, l'éprouvette peut être le produit fini.

Les valeurs de puissance toxique ne sont à utiliser que pour les estimations du risque toxique et il ne faut pas les utiliser de manière isolée.

L'une des responsabilités d'un comité d'études consiste, le cas échéant, à utiliser les publications fondamentales de sécurité dans le cadre de l'élaboration de ses publications.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60695-1-1:1999, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 1-1: Guide pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Directives générales*

CEI 60695-7-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 7-2: Toxicité des effluents du feu – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*

CEI 60695-7-51, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 7-51: Toxicité de l'effluent du feu – Estimation de la puissance toxique: Calcul et interprétation des résultats d'essai*

CEI 60754-2:1991, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion des câbles électriques – Partie 2: Détermination de l'acidité des gaz émis lors de la combustion d'un matériau prélevé sur un câble par mesurage du pH et de la conductivité*

Guide CEI 104:1997, *Elaboration des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité*

FIRE HAZARD TESTING –

Part 7-50: Toxicity of fire effluent – Estimation of toxic potency – Apparatus and test method

1 Scope

This technical specification describes a test method for the generation of fire effluent and the identification and measurement of its constituent combustion products. It uses a moving test specimen and a tube furnace at different temperatures and air flow rates as the fire model. This test method is designed to reproduce certain decomposition conditions in a range of fire types characterized in ISO/TR 9122-1.

Stage 1b Non-flaming decomposition (oxidative)

Stage 2 Developing fire (flaming)

Stage 3a Fully developed fire (flaming), relatively low ventilation

The method described in this technical specification is designed to model closely all three of these major fire stages, and also has the potential to model others as necessary. In this test, the measurement of fire effluent is made using material test specimens, which may be taken from end-products, or, if the apparatus and method allow, may be an end-product.

Toxic potency values are only of use in toxic hazard estimations, and must not be used in isolation.

One of the responsibilities of a technical committee is, wherever applicable, to make use of basic safety publications in the preparation of its publications.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60695-1-1:1999, *Fire hazard testing – Part 1-1: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – General guidelines*

IEC 60695-7-2, *Fire hazard testing – Part 7-2: Toxicity of fire effluent – Summary and relevance of test methods*

IEC 60695-7-51, *Fire hazard testing – Part 7-51: Toxicity of fire effluent – Estimation of toxic potency: Calculation and interpretation of test results*

IEC 60754-2:1991, *Test on gases evolved during combustion of electric cables – Part 2: Determination of degree of acidity of gases evolved during the combustion of materials taken from electric cables by measuring pH and conductivity*

IEC Guide 104:1997, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

ISO/TR 9122 (toutes les parties), *Essais de toxicité des effluents de feu*

ISO/TR 9122-1:1989, *Essais de toxicité des effluents du feu – Partie 1: Généralités*

ISO/TR 9122-4:1993, *Essais de toxicité des effluents du feu – Partie 4: Modèle feu (fours et appareillages de combustion utilisés dans les essais à petite échelle)*

ISO/TR 9122-5:1993, *Essais de toxicité des effluents du feu – Partie 5: Prédications concernant les effets toxiques des effluents du feu*

ISO 13344:1996, *Détermination du pouvoir toxique létal des effluents du feu*

ISO/CEI 13943:2000, *Sécurité au feu – Vocabulaire*

DIN 53436-1:1981, *Produits de décomposition thermique de matériaux dans un flux d'air et essais toxicologiques correspondants; appareillage de décomposition et détermination de la température*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60695, les définitions de l'ISO/CEI 13943 ainsi que les définitions suivantes s'appliquent:

3.1

dose d'exposition létale, LC_{t50}

résultat de la multiplication de la fraction du volume de gaz toxique par le temps d'exposition, qui entraîne la mort de 50 % d'une population d'animaux de laboratoire d'une espèce donnée dans des conditions spécifiées

NOTE Elle est normalement exprimée en « parties par millions × minutes ».

3.2

concentration massique de l'éprouvette

vitesse d'introduction de l'éprouvette dans le four en quartz divisée par le débit d'air total traversant la chambre de mélange

3.3

concentration de perte de masse

vitesse de perte de masse de l'éprouvette divisée par le débit d'air total traversant la chambre de mélange

3.4

fraction volatile

concentration de perte de masse divisée par la concentration de charge de masse

3.5

rendement en volume

volume de gaz produit par unité de perte de masse d'éprouvette

NOTE Ce rendement est habituellement exprimé pour 1 g⁻¹.

ISO/TR 9122 (all parts), *Toxicity testing of fire effluents*

ISO/TR 9122-1:1989, *Toxicity testing of fire effluents – Part 1: General*

ISO/TR 9122-4:1993, *Toxicity testing of fire effluents – Part 4: The fire model (furnaces and combustion apparatus used in small-scale testing)*

ISO/TR 9122-5:1993, *Toxicity testing of fire effluents – Part 5: Prediction of toxic effects of fire effluents*

ISO 13344:1996, *Determination of the lethal toxic potency of fire effluents*

ISO/IEC 13943:2000, *Fire safety – Vocabulary*

DIN 53436-1:1981, *Producing thermal decomposition products from materials in an air stream and their toxicological testing; decomposition apparatus and determination of test temperature*

3 Definitions

For the purposes of this part of IEC 60695, definitions taken from ISO/IEC 13943 together with the following apply.

3.1

lethal exposure dose, $LC_{t_{50}}$

result of the multiplication of the volume fraction of toxic gas with the exposure time, causing lethality of 50 % of test animals of a given species under specified conditions

NOTE It is normally expressed in units of 'parts per million × minutes'.

3.2

mass charge concentration

mass introduction rate of the test specimen into the quartz furnace tube divided by the total rate of air flow passing through the mixing chamber

3.3

mass loss concentration

mass loss rate of the test specimen divided by the total rate of air flow passing through the mixing chamber

3.4

volatile fraction

mass loss concentration divided by the mass charge concentration

3.5

volume yield

volume of a gas produced per unit of test specimen mass loss

NOTE It is usually expressed in 1 g^{-1} .

4 Philosophie générale

Les données concernant les puissances toxiques létales d'effluents du feu provenant des éprouvettes, obtenues dans des essais à petite échelle, peuvent être utilisées parmi d'autres données d'entrée pour l'évaluation du risque toxique des feux. Le concept de puissance toxique létale provient à l'origine d'expériences pratiquées sur les rats en partant de l'hypothèse qu'une dose d'exposition mortelle pour les rats est susceptible d'être mortelle de la même manière pour les êtres humains. La puissance toxique létale est exprimée en termes de dose d'exposition d'effluent mortelle pour 50 % des rats exposés (LCt_{50}), qui dépend de la concentration d'effluents toxiques du feu à laquelle les animaux sont exposés, multipliée par la durée d'exposition. La concentration en effluents toxiques du feu peut être exprimée de nombreuses manières, mais les paramètres les plus communément utilisés sont liés au matériau en essai en termes de concentration massique de l'éprouvette ou de concentration de perte de masse.

Bien que les estimations de puissance toxique aient été essentiellement réalisées en utilisant l'exposition d'animaux, on considère à l'heure actuelle que pour la plupart des éprouvettes, des estimations raisonnables de puissance toxique peuvent être réalisées sur la base de mesures d'analyses chimiques sur la composition des atmosphères des effluents du feu. Ainsi, la méthode décrite ici est destinée à être utilisée avec les mesures d'analyse chimique mais elle peut être adaptée à l'exposition d'animaux.

Pour estimer la puissance toxique de cette manière, il est nécessaire d'avoir

- a) une méthode pour décomposer les éprouvettes dans une série de conditions dont on sait qu'elles apparaissent à différents stades de feux avec mesure des concentrations et des formations de composants choisis, et
- b) une méthode pour calculer la puissance toxique létale de l'effluent, sur la base des concentrations et des productions de ces composants choisis (voir CEI 60695-7-51).

Un certain nombre de méthodes de calcul a été développé pour estimer la puissance toxique de l'effluent des éprouvettes et celles-ci sont publiées dans l'ISO/TR 9122-5. Pour utiliser ces méthodes de calcul de la puissance toxique, il est nécessaire d'avoir des données sur les formations des produits toxiques principaux provenant des éprouvettes dans une série de conditions de feu. Celles-ci peuvent être obtenues par des méthodes d'essai de toxicité de combustion à petite échelle, pour lesquelles il existe des protocoles. Cependant, beaucoup de méthodes existantes sont fondées sur des modèles de feu imparfaits ou ne peuvent répéter que les conditions de décomposition d'une faible part de stades de feu comme indiqué dans l'ISO/TR 9122-4, Tableau 1. La CEI 60695-7-2 résume ces essais et donne des lignes directrices pour le choix et l'utilisation des méthodes d'essai pour la puissance toxique des effluents du feu.

4 General philosophy

Data on the lethal toxic potencies of fire effluent from test specimens, derived from small-scale tests, can be used as part of the input data for toxic hazard assessment of fires. The concept of lethal toxic potency was derived originally from experiments on rats, on the assumption that an exposure dose of effluent lethal to rats is likely to be equally lethal to humans. The lethal toxic potency is expressed in terms of the exposure dose of effluent lethal to 50 % of exposed rats (LCt_{50}), which depends upon the concentration of toxic fire effluent to which the animals are exposed, multiplied by the exposure time. The concentration of toxic fire effluent can be expressed in a number of ways, but the most commonly used parameters are related to the material under test in terms of the mass charge or mass loss concentrations.

Although estimates of toxic potency have been made primarily using animal exposures, it is now considered that, for most test specimens, reasonable estimates of toxic potency can be made on the basis of chemical analytical measurements of the composition of fire effluent atmospheres. Therefore, the method described here is intended for use with chemical analysis measurements, but it can be adapted for animal exposure.

In order to estimate toxic potency in this way, it is necessary to have

- a) a method for decomposing test specimens under a range of conditions known to occur in different stages of fires, with measurement of the concentrations and yields of selected components, and
- b) a method for calculating the lethal toxic potency of the effluent, based upon the concentrations and yields of those selected components (see IEC 60695-7-51).

A number of calculation methods have been developed for estimating toxic potency of the effluent from test specimens, and these are published in ISO/TR 9122-5. In order to use these toxic potency calculation methods, it is necessary to have data on the yields of the major toxic products from test specimens under a range of fire conditions. These may be obtained from small-scale combustion toxicity test methods, for which a number of protocols exist. However, many existing methods are based upon flawed fire models or are able to replicate the decomposition conditions of only a narrow range of fire stages as shown in ISO/TR 9122-4, Table 1. IEC 60695-7-2 summarizes such tests and gives guidance on the selection and use of test methods for the toxic potency of fire effluent.

Tableau 1 – Classification générale des stades de feu conformément à l'ISO/TR 9122-1

Stades de feu		Oxygène ^a %	Rapport CO ₂ /CO ^b	Température ^a °C	Irradiation ^c kW × m ⁻²
Stade 1	Décomposition sans flammes				
	a) Feux couvants (auto-entretenu)	21	Non applicable	<100	Non applicable
	b) Sans flammes (par oxydation)	5 à 21	Non applicable	<500	<25
	c) Sans flammes (par pyrolyse)	<5	Non applicable	<1 000	Non applicable
Stade 2	Feu en développement (avec flammes)	10 à 15	100 à 200	400 à 600	20 à 40
Stade 3	Feu complètement développé (avec flammes)				
	a) Ventilation relativement faible	1 à 5	<10	600 à 900	40 à 70
	b) Ventilation relativement forte	5 à 10	<100	600 à 1 200	50 à 150
^a Situation d'environnement général (moyenne) à l'intérieur du local. ^b Valeur moyenne dans la « plume » du feu. ^c Irradiation incidente sur l'éprouvette (moyenne).					

5 Historique

Les méthodes d'essai à petite échelle utilisées pour déterminer les puissances toxiques des effluents du feu sont résumées dans la CEI 60695-7-2.

Une des méthodes d'essai qui a été largement utilisée est la méthode du four tubulaire de la DIN 53436-1. Il a été établi que cette méthode constitue un modèle raisonnable pour les conditions de décomposition à plusieurs stades de feu, qu'elle est bon marché et simple à utiliser et qu'elle a le potentiel pour être développée sous la forme d'une méthode plus générale pour englober tous les stades de feu décrits au Tableau 1.

Parmi les stades de feu décrits au Tableau 1, ceux qui sont généralement considérés comme les plus importants sont les suivants:

Stade 1b Décomposition sans flammes (par oxydation)

Stade 2 Feu en développement (avec flammes)

Stade 3a Feu complètement développé (avec flammes), ventilation relativement faible

La méthode d'essai proposée produit les conditions de décomposition ressemblant aux stades de feu 1b et 3a, avec une capacité limitée pour le stade de modèle 2. Cette méthode peut également être utilisée pour d'autres stades de feu si nécessaire.

Les conditions de décomposition pour ces stades de feu sont caractérisées en termes de température, de comportement à la flamme et de rapport CO₂/CO. D'autres méthodes révisées avec un four tubulaire montrent également un potentiel d'adaptation pour donner une bonne représentation des conditions de décomposition à différents stades d'un feu réel.

Table 1 – General classification of fire stages in accordance with ISO/TR 9122-1

Stages of fire		Oxygen ^a %	CO ₂ /CO ratio ^b	Temperature ^a °C	Irradiance ^c kW × m ⁻²
Stage 1	Non-flaming decomposition				
	a) Smouldering (self-sustaining)	21	Not applicable	<100	Not applicable
	b) Non-flaming (oxidative)	5 to 21	Not applicable	<500	<25
	c) Non-flaming (pyrolytic)	<5	Not applicable	<1 000	Not applicable
Stage 2	Developing fire (flaming)	10 to 15	100 to 200	400 to 600	20 to 40
Stage 3	Fully developed fire (flaming)				
	a) Relatively low ventilation	1 to 5	<10	600 to 900	40 to 70
	b) Relatively high ventilation	5 to 10	<100	600 to 1 200	50 to 150
^a General environmental condition (average) within compartment. ^b Mean value in fire plume near to fire. ^c Incident irradiance on to test specimen (average).					

5 Background

Small-scale test methods used for determining toxic potencies of fire effluents are summarized in IEC 60695-7-2.

One test method that has been widely used is the DIN 53436-1 tube furnace method. This method has been found to be a reasonable model for the decomposition conditions in several fire stages, is inexpensive and simple to use, and has the potential for being developed into a more versatile method to encompass all of the fire stages described in Table 1.

Of the fire stages described in Table 1, those generally considered the most important are as follows:

- Stage 1b Non-flaming decomposition (oxidative)
- Stage 2 Developing fire (flaming)
- Stage 3a Fully developed fire (flaming), relatively low ventilation

The proposed test method produces decomposition conditions resembling fire stages 1b and 3a, with a limited ability to model stage 2. The method also has the potential to model other fire stages as necessary.

The decomposition conditions for these fire stages are characterized in terms of temperature, flaming behaviour and CO₂/CO ratio. Other tube furnace methods reviewed also show potential for adaptation to give a good representation of the decomposition conditions in several different stages in a real fire.

6 Méthode d'essai

6.1 Introduction

La méthode d'essai décrite ici est fondée sur le même concept que la méthode de la DIN 53436-1. Le four tubulaire et les types de tubes choisis sont largement disponibles et donnent une performance connue dans les conditions d'essai spécifiées dans l'actuelle CEI 60754-2.

Dans ce mode opératoire, l'éprouvette, sous forme de granulés ou de barre, est introduite dans un tube en quartz à une vitesse constante. Ce tube est chauffé par le four tubulaire et un courant d'air primaire traverse le tube en quartz et passe sur l'éprouvette pour entretenir la combustion. L'effluent est expulsé du tube en quartz vers une chambre de mélange et de mesure, où il est dilué avec l'air secondaire. L'effluent est ensuite analysé et expulsé comme déchet.

Les conditions de décomposition à l'intérieur du tube en quartz sont réglées en utilisant différentes combinaisons de températures et de débits d'air primaire en sessions séparées pour donner un modèle de condition de décomposition dans une gamme de stades de feux telle qu'elle est caractérisée dans l'ISO/TR 9122-1, ou comme prescrit.

6.2 Appareillage

6.2.1 Principe de la méthode

Un schéma de l'appareillage est donné à la Figure 1. L'éprouvette, placée dans une nacelle en silice transparente, est introduite à une vitesse constante pour traverser la zone chaude du tube fixe en quartz, sous un flux d'air primaire. On fait varier la température du four tubulaire et la vitesse d'écoulement de l'air primaire pour différents essais afin de couvrir une gamme de conditions de décomposition. Les effluents du feu sont introduits dans une chambre de mélange et de mesure en plastique où ils sont dilués avec de l'air secondaire à un débit d'air nominal total de $50 \text{ l} \times \text{min}^{-1} \pm 1 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$ à travers la chambre de mélange, et ils sont évacués ensuite après être passés, si nécessaire, dans une colonne de nettoyage. Les méthodes de mesure et d'analyse des gaz utilisées sont celles décrites dans l'ISO/TR 9122.

Le but de tout essai particulier (après une période initiale de fixation lorsque les conditions de décomposition et la formation des produits peuvent être variables) est d'obtenir des conditions stables, continues, pendant au moins 5 min pendant lesquelles les concentrations des effluents de gaz peuvent être mesurées. Plus la durée de l'essai est longue, plus il convient que la durée avec des conditions continues soit longue. La durée de l'essai dépend de la longueur de l'éprouvette (qui est limitée par la longueur de la nacelle et par le tube en quartz) et de la vitesse d'avancement de l'éprouvette. Le temps nécessaire à l'établissement de conditions stables varie avec la nature de l'éprouvette et les conditions d'essai. Les longueurs de la nacelle et du tube en quartz indiquées dans 6.2.3 et 6.2.4 sont les longueurs minimales utilisables mais elles peuvent être insuffisantes pour obtenir 5 min de conditions stables pour certains matériaux dans certaines conditions de décomposition.

6.2.2 Four tubulaire

Le four tubulaire décrit dans la CEI 60754-2 satisfait aux prescriptions de la présente méthode d'essai. La longueur de la zone de chauffage du four tubulaire doit être comprise entre 500 mm et 600 mm et il doit avoir un diamètre intérieur nominal d'au moins 50 mm. Il doit être équipé avec un système de chauffage électrique réglable capable de contrôler la température finale à $\pm 2 \%$ de la valeur nominale. L'élément chauffant du four tubulaire doit de préférence avoir une valeur de $1\,300\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6 Test method

6.1 Introduction

The test method described here is based upon the same concept as the DIN 53436-1 method. The tube furnace and tube types selected are widely available and give a known performance under the conditions of test currently specified in IEC 60754-2.

In this procedure, the test specimen, in granular or rod form, is introduced into a quartz furnace tube at a constant rate. The quartz furnace tube is heated by a tube furnace, and a current of primary air is passed through the quartz furnace tube and over the test specimen to support combustion. The effluent is expelled from the quartz furnace tube into a mixing and measurement chamber, where it is diluted with secondary air. The effluent is then analysed and exhausted to waste.

The decomposition conditions in the quartz furnace tube are set using different combinations of temperatures and primary air flow rates in separate runs, to model the decomposition condition in a range of fire stages as characterized in ISO/TR 9122-1, or as required.

6.2 Apparatus

6.2.1 Principle of the method

A schematic of the apparatus is shown in Figure 1. The test specimen, in a clear silica boat, is introduced at a constant rate through the hot zone of the fixed quartz furnace tube, under a stream of primary air. The tube furnace temperature and primary air flow rate are varied for different tests to cover a range of decomposition conditions. The fire effluent is introduced into a plastic mixing and measuring chamber, where they are diluted with secondary air to a nominal total air flow rate of $50 \text{ l} \times \text{min}^{-1} \pm 1 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$ through the mixing chamber, and then exhausted to waste, after passing through a scrubbing column if necessary. Gas measurement and analysis methods are used as described in ISO/TR 9122.

The aim in any particular test run is (after an initial settling-down period when decomposition conditions and product yields may be variable) to obtain stable steady-state conditions for at least 5 min during which the concentrations of effluent gases can be measured. The longer the duration of the test run, the longer the period during which steady-state conditions should exist. The duration of the test run depends upon the length of the test specimen (which is limited by the length of the test specimen boat and quartz furnace tube) and the rate of test specimen advance. The time taken for steady-state conditions to be established varies depending upon the nature of the test specimen and the test conditions. The test specimen boat and quartz furnace tube lengths described in 6.2.3 and 6.2.4 are the minimal lengths usable, but may be insufficient for obtaining 5 min of steady-state conditions for some materials under some decomposition conditions.

6.2.2 Tube furnace

The tube furnace described in IEC 60754-2 meets the requirements of this test method. The length of the heating zone of the tube furnace shall be 500 mm to 600 mm and it shall have a nominal inside diameter of at least 50 mm. It shall be equipped with an adjustable electric heating system capable of controlling the final temperature to within $\pm 2 \%$ of nominal. The tube furnace element shall preferably be rated at $1\,300^\circ\text{C}$.

6.2.3 Tube en quartz

Le tube en quartz utilisé à l'intérieur du four tubulaire, tel qu'il est représenté à la Figure 2, d'une longueur minimale de 1 m et d'épaisseur de paroi de $2 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, est réalisé en quartz résistant à la chaleur. Il doit être approximativement concentrique par rapport au calibre du four tubulaire. Le diamètre extérieur doit pouvoir permettre une adaptation facile à l'intérieur du four tubulaire et une expansion différentielle aux températures de fonctionnement (voir Note 1). L'entrée du tube en quartz possède un accessoire qui permet le passage de l'air primaire et de l'ensemble d'entraînement de l'éprouvette. L'autre extrémité du tube en quartz passe à travers un rodage résistant à la chaleur (voir Note 2) et dépasse de 55 mm à l'intérieur de la chambre de mélange et de mesure. La longueur du tube en quartz doit être suffisante pour satisfaire aux prescriptions données ci-dessus et accueillir la nacelle à l'extérieur du four tubulaire (voir Note 3). Le tube du four en quartz doit être nettoyé après chaque essai.

NOTE 1 Il a été établi qu'un tube en quartz d'un diamètre extérieur de $47,5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ était adapté.

NOTE 2 Il a été établi qu'un presse-étoupe en laine de verre à l'intérieur d'un collier en laiton était adapté.

NOTE 3 Une longueur de tube en quartz de 1 m est la longueur minimale utilisable avec un four tubulaire de 500 mm et une nacelle de 400 mm. Pour facilement adapter un four tubulaire de 600 mm à des nacelles jusqu'à 800 mm, il a été constaté qu'une longueur de tube en quartz de 1 600 mm est adaptée.

6.2.4 Nacelle

La nacelle, telle qu'elle est représentée à la Figure 2, est réalisée en quartz résistant à la chaleur, et doit avoir les dimensions suivantes: un diamètre nominal de 41 mm (voir Note 1), une longueur minimale de 400 mm (voir Note 2), et une épaisseur de paroi de $2 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$. La nacelle doit être nettoyée après chaque essai (voir Note 3).

NOTE 1 Une méthode pratique pour réaliser une nacelle adaptée à un tube en quartz d'un diamètre de 47,5 mm consiste à utiliser des tubes en quartz d'un diamètre nominal inférieur à celui du tube en quartz (valeur nominale 41 mm). On peut la couper en deux, une moitié pour fournir une section semi-circulaire, de dimensions nominales de 41 mm de largeur, 18 mm de profondeur et 400 mm de longueur. Un diamètre de nacelle d'éprouvette juste inférieur au diamètre interne du tube en quartz assure la capacité maximale d'éprouvette.

NOTE 2 Une longueur de nacelle de 400 mm peut être insuffisante pour obtenir les 5 min de conditions stables pour certains matériaux dans certaines conditions de décomposition. Il a été établi qu'une longueur de nacelle de 800 mm était adaptée pour la plupart des situations.

NOTE 3 Une méthode pratique pour nettoyer à la fois la nacelle et le tube en quartz consiste à retirer mécaniquement les résidus évidents, à chauffer ensuite à $1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$, puis à laver dans l'eau pour éliminer tout résidu inorganique.

6.2.5 Mécanisme d'entraînement de la nacelle

La nacelle est connectée à une barre d'entraînement recourbée qui traverse un joint de presse étoupe (voir Note 1) à l'arrière du tube en quartz, reliée à un mécanisme d'entraînement. Ce mécanisme d'entraînement fait avancer la nacelle à une vitesse minimale de $40 \text{ mm} \times \text{min}^{-1} \pm 1 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$, la vitesse réelle dépendant des caractéristiques d'extension des flammes de l'éprouvette (voir Note 2).

NOTE 1 Il a été établi qu'un joint presse-étoupe en PTFE (polytétrafluoroéthylène) est adapté.

NOTE 2 Il a été établi qu'une vitesse d'avancement de $40 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$ est adaptée pour la plupart des matériaux dans la plupart des conditions de décomposition. Il s'est avéré nécessaire, pour certains matériaux à combustion rapide ou de faible densité, d'utiliser des vitesses d'avancement jusqu'à $60 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$.

6.2.6 Chambre de mélange et de mesure

La chambre de mélange et de mesure se compose d'une boîte approximativement cubique (voir Figure 3). Ses dimensions exactes ne sont pas critiques mais il est recommandé qu'elles soient suffisamment grandes pour contenir l'équipement d'échantillonnage et de mesure nécessaires, et qu'elles soient suffisamment petites pour que le temps d'équilibre pour l'atmosphère d'essai ne soit pas trop long (pas moins d'un échange d'air par minute) (voir Note 1). Le tube en quartz pénètre dans la chambre de mélange à égale distance des faces B et C (voir Figure 3).

6.2.3 Quartz furnace tube

The quartz furnace tube used inside the tube furnace, as shown in Figure 2, is made of heat resistant quartz glass with a minimum length of 1 m, and a wall thickness of $2 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$. It shall be approximately concentric to the tube furnace bore. The outside diameter shall be able to permit a smooth fit within the tube furnace and allow for differential expansion at operating temperatures (see Note 1). The back end of the quartz furnace tube accommodates a fitting to allow primary air and test specimen drive to pass through. The front end of the quartz furnace tube passes through a heat-resisting sealed gland (see Note 2) and protrudes 55 mm into the mixing and measurement chamber. The quartz furnace tube length shall be sufficient to accommodate the above requirements and the test specimen boat outside of the tube furnace (see Note 3). The quartz furnace tube shall be cleaned after each test.

NOTE 1 A quartz furnace tube of outside diameter $47,5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ has been found to be suitable.

NOTE 2 A gland made from glass wool inside a brass collar has been found to be suitable.

NOTE 3 A quartz furnace tube length of 1 m is the minimum length usable with a 500 mm tube furnace and a 400 mm test specimen boat. In order to easily accommodate a 600 mm tube furnace and test specimen boats of up to 800 mm, a quartz furnace tube length of 1 600 mm has been found to be suitable.

6.2.4 Test specimen boat

The test specimen boat, as shown in Figure 2, is made from heat-resistant quartz glass having the following dimensions: a cross-section nominal diameter of 41 mm (see Note 1), a minimum length of 400 mm (see Note 2), and a wall thickness of $2 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$. The boat shall be cleaned after each test (see Note 3).

NOTE 1 A convenient method for making a suitable test specimen boat for a 47,5 mm diameter quartz furnace tube is to use quartz tubing with a nominal diameter less than that of the quartz furnace tube (nominal 41 mm). This can then be sliced in half to provide a semi-circular cross-section, nominally 41 mm wide, 18 mm deep and 400 mm long. A test specimen boat diameter of just less than the quartz furnace tube internal diameter provides the maximum test specimen capacity.

NOTE 2 A boat length of 400 mm may be insufficient for obtaining 5 min of steady-state conditions for some materials under some decomposition conditions. A boat length of 800 mm has been found suitable for most situations.

NOTE 3 A convenient method of cleaning both boat and quartz furnace tube is to remove obvious residues mechanically, then to heat to $1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$, followed by washing in water to remove any inorganic residues.

6.2.5 Test specimen boat drive mechanism

The test specimen boat is connected to a hooked drive bar, which passes through a gland seal (see Note 1) at the back end of the quartz furnace tube, and connects to a drive mechanism. The drive mechanism advances the test specimen boat at a minimum rate of $40 \text{ mm} \times \text{min}^{-1} \pm 1 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$, the actual rate being dependent upon the flame spread characteristics of the test specimen (see Note 2).

NOTE 1 A PTFE (polytetrafluoroethylene) gland seal has been found to be suitable.

NOTE 2 A drive advance rate of $40 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$ has been found to be suitable for most materials under most decomposition conditions. For some fast-burning or low-density materials, it has been found necessary to use advance rates of up to $60 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$.

6.2.6 Mixing and measurement chamber

The mixing and measurement chamber consists of an approximately cubic box (see Figure 3). The exact dimensions are not critical, but it should be large enough to contain the necessary sampling and measurement equipment, and small enough so that the equilibration time for the test atmosphere is not too long (no less than 1 air change per minute) (see Note 1). The quartz furnace tube penetrates the mixing chamber equidistantly from faces B and C of the mixing chamber (see Figure 3). The front of the mixing chamber has a door providing a reasonable

L'avant de la chambre de mélange possède une porte qui constitue un joint raisonnable lorsqu'elle est fermée. La partie principale de l'arrière de la chambre de mélange possède une plaque d'acier inoxydable sur sa surface interne de manière à résister à la chaleur et à toute flamme provenant de l'extrémité du tube de four en quartz (voir Note 1). Des accès sont prévus dans la chambre de mélange pour prélever des échantillons de l'atmosphère d'essai (voir Note 2).

NOTE 1 Une chambre de mélange adaptée se compose d'une boîte plastique (par exemple PMMA (polyméthylmétacrylate), PE (polyéthylène) ou PC (polycarbonate) qui peut être constituée efficacement d'un dessiccateur de type Gallenkamp. Elle a des dimensions nominales de 310 mm × 310 mm × 340 mm (voir Figure 3). Le volume intérieur est d'environ 33 l, assurant un minimum de 1,5 échanges d'air à la minute à un débit d'air total de 50 l/min. La partie arrière principale de la chambre de mélange possède une plaque en acier inoxydable fixée sur sa surface interne. Le haut de la plaque dépasse de 140 mm le toit de l'enceinte de mélange pour assurer une protection contre la chaleur pour les surfaces plastiques.

NOTE 2 Si l'atmosphère d'essai est bien mélangée (voir 6.2.7) et que les points d'échantillonnage sont à l'écart de la plume montante ou des parois de la chambre, ceux-ci peuvent être situés à tout emplacement pratique. Des emplacements adaptés sont montrés à la Figure 3.

6.2.7 Tuyaux

L'air secondaire d'appoint est introduit sous pression en utilisant un tuyau (d'un diamètre interne de 3 mm à 4 mm) introduit à travers une paroi de la chambre de mélange et de mesure et qui sort en un point approximativement à 70 mm au-dessus de l'extrémité du tube de four en quartz de manière à intercepter la plume montante pour faciliter un mélange efficace de l'atmosphère d'essai. Cela enlève le besoin de tout dispositif de mélange mécanique. L'atmosphère mélangée sort par un accès (d'environ 35 mm de diamètre) à la base de la face arrière de la chambre de mélange pour être éliminée.

6.2.8 Panneau de sécurité antidéflagrant

Un panneau de sécurité antidéflagrant constitué d'une feuille d'aluminium d'environ 0,04 mm d'épaisseur et de 75 mm de diamètre est situé sur la partie supérieure de la chambre de mélange.

7 Calibrage des débits d'air

L'air primaire doit provenir d'une bouteille d'air comprimé, il est introduit dans le tube en quartz comme indiqué à la Figure 1. Il doit être propre et exempt de toute humidité excessive qui pourrait interférer avec les caractéristiques de combustion ou avec l'analyse des produits de combustion.

Les débits d'air primaire et secondaire sont mesurés au moyen de débitmètres en ligne. Les débits sont calibrés en utilisant un appareil de mesure du gaz de type mouillé ou des débitmètres à barbotage selon ce qui est approprié. A des débits élevés, une correction de reflux au niveau du débitmètre à flotteur peut être nécessaire.

8 Calibrage du profil de température du four tubulaire

8.1 Généralités

Il est nécessaire de normaliser l'environnement de température rencontré par l'éprouvette et par les produits de combustion provenant de l'éprouvette dans la mesure où ils passent à travers le tube en quartz.

Il y a deux stades dans la normalisation de la température. Le premier stade consiste à établir que le profil de température (modification de la température avec la distance à travers le tube en quartz) de tout four tubulaire particulier est adapté. Le second stade consiste à déterminer le réglage de température pour toute condition expérimentale particulière.

seal when shut. The main part of the back of the mixing chamber has a stainless steel plate fitted to the inner surface so as to be resistant to heat and any flames emanating from the end of the quartz furnace tube (see Note 1). Ports are provided in the mixing chamber for taking samples of the test atmosphere (see Note 2).

NOTE 1 A suitable mixing chamber consists of a plastic box (for example, PMMA (polymethylmethacrylate), PE (polyethylene) or PC (polycarbonate)) which can be effectively made from a Gallenkamp-type desiccator cabinet. This has nominal dimensions of 310 mm × 310 mm × 340 mm (see Figure 3). The interior volume is approximately 33 l, providing a minimum of 1,5 air changes per min at a total air flow rate of 50 l/min. The main back part of the mixing chamber has a stainless steel plate fitted to the inner surface. The top of the plate extends 140 mm across the mixing chamber roof to provide heat protection for the plastic surfaces.

NOTE 2 Provided that the test atmosphere is well mixed (see 6.2.7) and the sampling points are away from the rising plume or mixing chamber walls, these can be sited in any convenient location. Suitable locations are shown in Figure 3.

6.2.7 Piping

The diluent secondary air is introduced under positive pressure using a pipe (3 mm to 4 mm internal diameter) introduced through a wall of the mixing and measurement chamber, and released at a point approximately 70 mm above the end of the quartz furnace tube so as to intercept the rising plume in order to facilitate efficient mixing of the test atmosphere. This removes the need for any mechanical stirring device. The mixed atmosphere passes out through a port (approximately 35 mm diameter) at the base of the rear face of the mixing chamber to waste.

6.2.8 Safety blow-out panel

A blow-out panel made of aluminium foil approximately 0,04 mm thick and 75 mm in diameter is located in the roof of the mixing chamber.

7 Calibration of air flow rates

Primary air shall be taken from a bottle of compressed air and introduced into the quartz furnace tube as shown in Figure 1. It shall be clean and free of excessive moisture that could interfere with the burning characteristics or with the combustion product analysis.

The primary and secondary air flow rates are measured by means of calibrated in-line flow meters. Flow rates are calibrated using a wet-type gas meter or bubble flow meters as appropriate. At high flow rates, a correction for back pressure at the flowmeter may be necessary.

8 Calibration of the tube furnace temperature profile

8.1 General

It is necessary to standardize the temperature environment experienced by the test specimen and by the combustion products released from the test specimen as they pass through the quartz furnace tube.

There are two stages to the temperature standardization. The first stage is to establish that the temperature profile (change of temperature with distance through the quartz furnace tube) of any particular tube furnace is suitable. The second stage is to determine the temperature setting for any particular experimental run condition.

8.1.1 Etablissement du profil de température du four tubulaire pour déterminer sa bonne adaptation

Le problème principal avec les différences des profils de température de four tubulaire est que la zone chaude du four tubulaire est trop courte, par conséquent l'éprouvette et les produits de décomposition peuvent ne pas être chauffés pendant une durée suffisante. Si la zone chaude est plus longue que la norme, il est probable que cela pose moins de problèmes, mais il est possible qu'une durée plus longue pendant laquelle l'éprouvette et les produits sont chauffés donne lieu à de petites différences dans les produits de combustion obtenus. La méthode décrite doit déterminer si le profil de température de tout four tubulaire particulier se situe dans une plage acceptable.

Le mode opératoire est le suivant.

Le four tubulaire est installé avec le tube en quartz en place dans des conditions statiques (il n'y a pas d'air qui traverse le tube). Il convient que le tube en quartz soit fermé à une extrémité pour empêcher l'air de le traverser, et que le contrôleur de la température du four tubulaire soit réglé sur 680 °C. Un thermocouple étalonné (qui doit avoir un diamètre de 1,5 mm et être en acier inoxydable sous gaine) est introduit dans le tube en quartz. L'extrémité du thermocouple doit être dans l'air, approximativement au centre par rapport au four tubulaire (dans un rayon de 10 mm du centre du tube à quartz). Laisser le four tubulaire s'équilibrer. Le profil de température le long du tube en quartz est ensuite mesuré à des intervalles qui ne dépassent pas 50 mm pour trouver le point de température maximale. Il est recommandé que ce soit près du centre du four tubulaire. A partir des résultats obtenus, la position du point de température maximale est estimée et la température est enregistrée. D'autres mesures sont réalisées sur chaque côté de l'emplacement de température maximale jusqu'à ce que les points soient atteints où la baisse de température par rapport au maximum dépasse 100 °C. Pour que le four tubulaire soit acceptable, il convient que ces points soient situés entre 125 mm et 250 mm de l'emplacement de la température maximale. La température maximale sera typiquement proche de $650\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

8.1.2 Réglage de la température pour une condition expérimentale individuelle

Lorsqu'il a été déterminé que le profil de température du four tubulaire est adapté, le seul réglage de température nécessaire pour une session d'essai est celui du four tubulaire qui donne la température maximale désirée $T_{\max}$ à l'intérieur du tube du four en quartz dans les conditions de débit d'air exigées (voir Tableau 2). Pour régler la température maximale en vue d'un essai, l'appareillage est mis en place avec un débit d'air primaire approprié et le thermocouple est introduit dans le tube de four en quartz et on le laisse atteindre son équilibre. Une fois le débit d'air primaire établi, le point de température maximale se déplace en aval par rapport à celui dans des conditions d'écoulement zéro. Pour compenser ce décalage, il est nécessaire de positionner l'extrémité du thermocouple $75\text{ mm} \pm 10\text{ mm}$ en aval du point de température maximale établi dans des conditions d'écoulement zéro. Cette position introduit une erreur minimale pour les débits jusqu'à $20\text{ l} \times \text{min}^{-1}$. Le contrôleur de température du four tubulaire est ensuite réglé jusqu'à l'obtention de la valeur désirée pour $T_{\max}$. Elle doit être à $\pm 5\text{ °C}$ de la valeur désirée.

9 Préparation de l'éprouvette

La préparation de l'éprouvette peut dépendre dans une certaine mesure de la nature du matériau soumis aux essais. L'éprouvette doit être répartie de manière uniforme sur toute la longueur de la nacelle de manière à obtenir un écoulement constant des produits de décomposition lorsque l'éprouvette traverse le tube en quartz.

L'éprouvette a idéalement la forme d'une barre de section uniforme. Il convient que la charge combustible soit d'environ $25\text{ g} \times \text{m}^{-1}$ (10 g réparti sur 400 mm). A cette charge, une barre d'éprouvette d'une densité de $1\text{ g} \times \text{cm}^{-3}$ aurait une section de 25 mm^2 (voir Note).

8.1.1 Establishing the tube furnace temperature profile to determine the tube furnace suitability

The main problem with differences in tube furnace temperature profiles is that, if the hot zone of the tube furnace is too short, then the test specimen and decomposition products may not be heated for a sufficient time. If the hot zone is longer than the standard, this is less likely to present problems, but it is possible that the longer period for which the test specimen and products are heated may result in small differences in the combustion product yields. The method described is to determine whether the temperature profile of any particular tube furnace is within an acceptable range.

The procedure is as follows.

The tube furnace is set up with the quartz furnace tube in place under static conditions (no air flowing through the quartz furnace tube). The quartz furnace tube should be closed at one end to prevent air from flowing through it, and the temperature controller of the tube furnace set to 680 °C. A calibrated thermocouple (which shall be 1,5 mm diameter stainless steel sheathed) is introduced into the quartz furnace tube. The thermocouple tip shall be in the air, approximately central with respect to the tube furnace (within a 10 mm radius of the centre of the quartz furnace tube). Allow the tube furnace to reach equilibrium. The temperature profile along the quartz furnace tube is then measured at intervals no greater than 50 mm to find the point of maximum temperature. This should be near the centre of the tube furnace. From the results obtained, the position of the point of maximum temperature is estimated and the temperature is recorded. Further measurements are made on each side of the location of maximum temperature until the points are reached where the temperature decrease relative to the maximum exceeds 100 °C. For the tube furnace to be acceptable these points should lie between 125 mm and 250 mm from the location of the maximum temperature. The maximum temperature will typically be in the region of 650 °C ± 10 °C.

8.1.2 Setting the temperature for an individual experimental condition

Once it has been determined that the tube furnace temperature profile is suitable, the only temperature setting necessary for an experimental run is the tube furnace setting which gives the desired maximum temperature $T_{\max}$ within the quartz furnace tube under the required air flow conditions (see Table 2). In order to set the maximum temperature for an experiment, the apparatus is set up with an appropriate primary air flow rate and the thermocouple is introduced into the quartz furnace tube and allowed to reach equilibrium. Once a primary air flow rate has been established, the point of maximum temperature moves downstream relative to that under zero flow conditions. In order to compensate for this shift, it is necessary to position the thermocouple tip 75 mm ± 10 mm downstream of the point of maximum temperature established under zero flow rate conditions. This position introduces a minimum error for flow rates of up to 20 l × min⁻¹. The tube furnace temperature controller is then adjusted until the desired value for $T_{\max}$ is obtained. This shall be within ±5 °C of the desired value.

9 Test specimen preparation

The preparation of the test specimen may depend to some extent upon the nature of the material to be tested. The test specimen shall be uniformly distributed along the length of the boat so that a constant flow of decomposition products is produced as the test specimen passes through the quartz furnace tube.

The test specimen is ideally in the form of a rod of uniform cross-sectional area. The combustible loading should be approximately 25 g × m⁻¹ (10 g spread over 400 mm). At this loading, a test specimen rod with a density of 1 g × cm⁻³ would have a cross-sectional area of 25 mm² (see Note).

NOTE Les éprouvettes peuvent avoir une forme granulaire ou autre en fonction de la nature du matériau. Par ailleurs, certaines éprouvettes peuvent présenter une extension rapide des flammes, une déformation ou un rétrécissement au moment de l'introduction dans la région chaude du tube du four en quartz. De telles éprouvettes peuvent être divisées en petites longueurs. Ces formes d'éprouvettes sont acceptables dans la mesure où le matériau est réparti de manière uniforme tout au long de la longueur de la nacelle de manière à ce que la charge combustible par unité de longueur soit connue et que la vitesse de décomposition puisse être déterminée. Les éprouvettes ayant des densités inférieures approximativement à $0,05 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$ peuvent être d'une taille qui interfère avec l'écoulement d'air à travers le tube du four en quartz à une charge combustible de $25 \text{ g} \times \text{m}^{-1}$. Pour surmonter ce problème, il est acceptable de réduire la charge combustible et d'augmenter la vitesse d'avancement de la nacelle de l'éprouvette en guise de compensation (voir 6.2.5). Lorsque les éprouvettes s'avèrent contenir une matrice inerte ou des matières de remplissage qui ne font pas partie de la masse combustible, il convient d'augmenter la charge de masse du matériau en guise de compensation.

10 Mode opératoire

10.1 Conditions de décomposition

Il convient que chaque matériau soit soumis aux essais avec l'ensemble suivant de conditions de décomposition.

Tableau 2 – Conditions d'essai

$T_{\max}$ °C	Débit d'air primaire $\text{l} \times \text{min}^{-1}$	Stade du feu (Tableau 1)
350	1,1	1b
650	22,6	2
825	2,7	3a

Le débit d'air primaire est réglé à la valeur désirée, puis le contrôleur de température du four tubulaire est réglé pour donner la valeur désirée $T_{\max}$ à l'intérieur du tube en quartz. L'éprouvette est répartie de manière régulière tout au long de la longueur de la nacelle et celle-ci est introduite dans le tube du four en quartz de manière à ce que l'extrémité avant soit à 50 mm de l'extrémité de l'entrée d'air du tube en quartz. Le débit d'air secondaire exigé est réglé pour donner un débit d'air total à travers la chambre de mélange de $50 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$. Après étalonnage de l'équipement d'échantillonnage et de mesure et lancement de la session d'essai, l'éprouvette est introduite dans le tube du four en quartz à une vitesse de $40 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$.

10.2 Echantillonnage des effluents

Des échantillons destinés à une mesure pour analyse sont prélevés de manière continue de la chambre de mélange à un débit de $2,0 \text{ l} \times \text{min}^{-1} \pm 0,05 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$ par l'intermédiaire d'un dessiccateur, d'un système de filtration des fumées et d'analyseurs appropriés (voir 11.2). Les résultats sont enregistrés en continu. Des observations doivent être effectuées pour déterminer le moment où l'allumage se produit, ou bien si l'allumage n'a pas pu se produire. La condition de feu peut également être vérifiée à partir des mesures de gaz. Les valeurs en sortie des moniteurs de gaz sont observées au cours des premiers stades de la session. Lorsqu'elles ont atteint des niveaux constants, alors les conditions dynamiques stables ont été obtenues. Il convient que les conditions de décomposition restent stables pendant au moins 5 min pour permettre la caractérisation du comportement de décomposition de l'éprouvette et de la formation de produits toxiques.

En option, on peut prélever un échantillon en continu à un débit de $1 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$ à travers un filtre en fibre de verre avec une face ouverte de 37 mm de diamètre placé dans un support laissé sur le côté de la chambre de mélange et ensuite à travers deux tubes à barbotage à gaz placés en série, contenant chacun 50 ml de solution de soude caustique à 0,01 M pour collecter les gaz acides. Le débit est étalonné au niveau du filtre en utilisant un débitmètre à bulles.

NOTE Test specimens may be in granular or other forms depending upon the nature of the material. Also, some test specimens are subject to rapid flame spread or may distort or shrink on introduction into the hot region of the quartz furnace tube. Such test specimens may be divided into short lengths. These test specimen forms are acceptable providing the material is uniformly distributed along the length of the boat such that the combustible loading per unit length is known and so that the rate of decomposition can be determined. Test specimens having densities below approximately $0,05 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$ may be so large that they interfere with the air flow through the quartz furnace tube at a combustible loading of $25 \text{ g} \times \text{m}^{-1}$. To overcome this problem, it is acceptable to reduce the combustible loading and increase the rate of test specimen boat advance to compensate (see 6.2.5). Where test specimens are found to contain an inert matrix or fillers which do not form part of the combustible mass, the mass loading of material should be increased to compensate.

10 Procedure

10.1 Decomposition conditions

Each material should be tested under the following set of decomposition conditions.

Table 2 – Test conditions

$T_{\max}$ °C	Primary air flow rate $\text{l} \times \text{min}^{-1}$	Fire stage (Table 1)
350	1,1	1b
650	22,6	2
825	2,7	3a

The primary air flow rate is set to the desired value, then the temperature controller of the tube furnace is set to give the desired $T_{\max}$ value within the quartz furnace tube. The test specimen is distributed evenly along the length of the boat and the boat is introduced into the quartz furnace tube so that the front end is 50 mm from the air inlet end of the quartz furnace tube. The required secondary air flow rate is set to give a total air flow rate through the mixing chamber of $50 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$. After the sampling and measurement equipment are calibrated and the experimental run is started, the test specimen is introduced into the quartz furnace tube at a rate of $40 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$.

10.2 Sampling of effluent

Samples for analytical measurement are withdrawn continuously from the mixing chamber at a flow rate of $2,0 \text{ l} \times \text{min}^{-1} \pm 0,05 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$ through a drying agent, a smoke filtration system, and appropriate analysers (see 11.2). The results are continuously recorded. Observations shall be made to determine either when ignition occurs or if ignition fails to occur. The fire condition can also be verified from the gas measurements. The outputs from the gas monitors are observed during the early stages of the run. When these have reached constant levels, then dynamic steady-state conditions have been achieved. The decomposition conditions should remain steady for a minimum of 5 min to enable the test specimen decomposition behaviour and toxic product yields to be characterized.

Optionally, a continuous sample may be withdrawn at $1 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$ through a 37 mm diameter open-face glass fibre filter placed in a holder let into the side of the mixing chamber, and then through two gas bubblers placed in series, each containing 50 ml of 0,01 M sodium hydroxide solution, for the collection of acid gases. The flow rate is calibrated at the filter using a bubble meter.

Des échantillons de concentration en oxygène à l'intérieur du tube du four en quartz sont prélevés à un débit de $1 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$ par un tube inséré sur 100 mm dans l'extrémité en aval du tube en quartz. Chaque échantillon est séché, filtré et envoyé dans un analyseur d'oxygène paramagnétique. Comme le prélèvement de ces échantillons réduit légèrement la quantité d'effluents du tube en quartz dans la chambre de mélange, l'échantillonnage n'est réalisé que pendant de courtes périodes.

A l'issue de l'essai, la nacelle est retirée et les résidus sont pesés.

Si les conditions de décomposition ne se maintiennent pas durant 5 min, l'essai doit être considéré comme ayant échoué et un autre essai doit être effectué dans les mêmes conditions. Si une décomposition continue ne se produit pas pendant ce nouvel essai, il sera indiqué que l'éprouvette ne convient pas pour ce type d'essai.

10.3 Contrôle de la température

Pour des raisons de sécurité, la température de la chambre de mélange doit être contrôlée au moyen d'un thermocouple, placé comme indiqué à la Figure 3, et pénétrant sur environ 50 mm dans la chambre de mélange.

NOTE Si l'appareillage est utilisé pour l'exposition d'animaux aux effluents, il est essentiel que l'humidité relative soit également contrôlée à l'intérieur de la chambre de mélange.

11 Expression des résultats

11.1 Généralités

Les résultats sont exprimés en fonction de la température mesurée au centre du tube en quartz, du débit d'air primaire, du comportement avec ou sans flammes et des concentrations massiques et de perte de masse de l'éprouvette.

Le rendement en volume, X_i , de chaque composant toxique est calculée comme suit.

$$X_i = \frac{C_i (dV/dt)}{(dm/dt)}$$

où

C_i est la fraction en volume (parties par million) de composant i mesurée dans la chambre de mélange;

dV/dt est le débit total en volume traversant la chambre de mélange ($50 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$);

dm/dt est la vitesse de perte de masse de l'éprouvette ($\text{mg} \times \text{min}^{-1}$), qui est calculée comme la perte de masse par millimètre ($\text{mg} \times \text{mm}^{-1}$) multipliée par la vitesse d'avancement de la nacelle ($\text{mm} \times \text{min}^{-1}$).

Noter que dm/dt peut aussi être calculé à partir de l'équation suivante:

$$dm/dt = u f m'$$

où

u est la vitesse d'avancement de la nacelle;

f est la fraction volatile (voir ci-dessous);

m' est la charge de masse par longueur d'unité de l'éprouvette dans la nacelle.

Samples of the oxygen concentration inside the quartz furnace tube are taken at a rate of $1 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$ through a tube inserted 100 mm into the downstream end of the quartz furnace tube. Each sample is dried, filtered and passed on to a paramagnetic oxygen analyser. Since withdrawing these samples slightly reduces the amount of effluent passing from the quartz furnace tube into the mixing chamber, sampling is performed only for short periods.

At the end of the run the boat is withdrawn and the residue is weighed.

If the decomposition conditions do not remain steady for 5 min, the test shall be considered unsuccessful, and another test under the same conditions shall be carried out. If steady state decomposition does not occur in the re-test, report that the specimen is not suitable for this test method.

10.3 Temperature monitoring

For safety purposes, the temperature in the mixing chamber shall be monitored by means of a thermocouple located as shown in Figure 3 and extending approximately 50 mm into the mixing chamber.

NOTE Should the apparatus be used for exposure of effluent to animals, it is essential that relative humidity is also monitored in the mixing chamber.

11 Expression of results

11.1 General

The results are expressed in terms of the temperature measured in the centre of the quartz furnace tube, primary air flow rate, flaming/non-flaming behaviour, and the mass charge and mass loss concentrations of the test specimen.

The volume yield, X_i , of each toxic component is calculated as follows:

$$X_i = \frac{C_i(dV/dt)}{(dm/dt)}$$

where

C_i is the volume fraction (parts per million) of component i measured in the mixing chamber;

dV/dt is the total volume flow rate through the mixing chamber ($50 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$);

dm/dt is the mass loss rate of the test specimen ($\text{mg} \times \text{min}^{-1}$), which is calculated as the mass loss per millimetre ($\text{mg} \times \text{mm}^{-1}$) multiplied by the specimen boat advance rate ($\text{mm} \times \text{min}^{-1}$).

d

Note that dm/dt can also be calculated from the following equation:

$$dm/dt = u f m'$$

where

u is the test specimen boat advance rate;

f is the volatile fraction (see below);

m' is the mass loading per unit length of the test specimen in the test specimen boat.

La perte de masse par millimètre ($\text{mg} \times \text{mm}^{-1}$) est calculée comme la différence entre la masse de charge par millimètre de l'éprouvette et la masse de résidus par millimètre.

La concentration de perte de masse ($\text{mg} \times \text{l}^{-1}$) est calculée comme la vitesse de perte de masse de l'éprouvette ($\text{mg} \times \text{min}^{-1}$) divisée par le débit d'air total qui traverse la chambre de mélange ($\text{l} \times \text{min}^{-1}$).

La concentration de charge de masse ($\text{mg} \times \text{l}^{-1}$) est calculée comme la vitesse d'introduction de masse de l'éprouvette dans le tube du four en quartz ($\text{mg} \times \text{min}^{-1}$) divisée par le débit d'air total qui traverse la chambre de mélange ($\text{l} \times \text{min}^{-1}$).

La fraction volatile, f , est calculée comme la concentration de perte de masse divisée par la concentration de charge de masse.

11.2 Rapport minimum

Les fractions de volume et les rendements de produits (en grammes de produit de combustion par gramme d'éprouvette) des types suivants doivent être mentionnés dans le rapport:

- monoxyde de carbone,
- dioxyde de carbone.

En outre, la fraction de volume de l'oxygène doit être rapportée.

Il s'agit de valeurs moyennes sur la période centrale de 5 min de l'essai.

La gamme des autres effluents choisie pour analyse doit être assez large pour couvrir celle dont on peut raisonnablement attendre la présence d'après la composition connue du matériau essayé.

La température du four tubulaire et le débit d'air doit être mentionnés dans le rapport.

Le type et la précision des analyseurs de gaz utilisés doivent être mentionnés dans le rapport.

NOTE L'ISO/TR 9122-3 indique des méthodes pour l'analyse individuelle des concentrations aéroportées de monoxyde de carbone, de dioxyde de carbone et d'oxygène aussi bien que quelques autres gaz toxiques.

12 Calcul de la puissance toxique

12.1 Méthodes de calcul

La puissance toxique de l'effluent dans chaque condition de décomposition peut être déterminée en termes de valeurs LCt_{50} prévues pour les rats, en utilisant une des méthodes présentées dans la CEI 60695-7-51. On peut aussi trouver des lignes directrices dans l'ISO 13344.

12.2 Utilisation des données concernant la puissance toxique dans les analyses des risques toxiques

Les valeurs de puissance toxique ne sont à utiliser que pour les estimations du risque toxique et il ne faut pas les utiliser pour une classification ou une exclusion directe de produits ou de matériaux. L'utilisation directe de données concernant la puissance toxique pour classer les matériaux en fonction du risque toxique potentiel au feu a été critiquée dans les documents guides de l'ISO et de la CEI qui indiquent qu'elles sont susceptibles d'être contre-productives en matière de sécurité. Ces données peuvent uniquement être utilisées à juste titre comme éléments pour les calculs du risque toxique. Il convient de se référer à la CEI 60695-7-1 et à la série de documents ISO/TR 9122.

The mass loss per millimetre ($\text{mg} \times \text{mm}^{-1}$) is calculated as the difference between the mass loading per millimetre of test specimen and the residue mass per millimetre.

The mass loss concentration ($\text{mg} \times \text{l}^{-1}$) is calculated as the mass loss rate of the test specimen ($\text{mg} \times \text{min}^{-1}$) divided by the total air flow rate through the mixing chamber ($\text{l} \times \text{min}^{-1}$).

The mass charge concentration ($\text{mg} \times \text{l}^{-1}$) is calculated as the mass introduction rate of the test specimen into the quartz furnace tube ($\text{mg} \times \text{min}^{-1}$) divided by the total air flow rate through the mixing chamber ($\text{l} \times \text{min}^{-1}$).

The volatile fraction, f , is calculated as the mass loss concentration divided by the mass charge concentration.

11.2 Minimum reporting

The volume fractions and yields (in grams of combustion product per gram of test specimen) of the following species shall be reported:

- carbon monoxide,
- carbon dioxide.

In addition, the volume fraction of oxygen shall be reported.

These are average values over the central 5 min period of the test run.

The range of other effluent species selected for analysis must be broad enough to cover the species that could reasonably be expected to be released, based on the knowledge of the composition of the material under test.

The tube furnace temperature and air flow rate shall be reported.

The type and accuracy of the gas analysers used shall be reported.

NOTE ISO/TR 9122-3 specifies methods for the individual analysis of airborne concentrations of carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen as well as some other toxic gases.

12 Calculation of toxic potency

12.1 Calculation methods

The toxic potency of the effluent under each decomposition condition may be determined in terms of the predicted LC_{t50} values for rats, using one of the methods presented in IEC 60695-7-51. Guidance can also be obtained from ISO 13344.

12.2 Use of toxic potency data in toxic hazard analyses

Toxic potency values are only of use in toxic hazard estimations and must not be used for the direct ranking or exclusion of products or materials. The direct use of toxic potency data to rank order materials for potential toxic hazard in fire has been criticized in ISO and IEC guidance documents as likely to be counter-productive to life safety. These data can be properly used only as inputs to toxic hazard calculations. Reference should also be made to IEC 60695-7-1 and the ISO/TR 9122 series of documents.

Comme il faut multiplier la valeur de la puissance toxique fondée sur le matériau par la vitesse de perte de masse du produit lorsqu'il est exposé à la chaleur ou au feu, il est impossible d'en conclure qu'un matériau ayant une puissance toxique élevée implique un risque toxique assez élevé vice versa.

Par exemple, il est tout à fait possible qu'un produit réalisé avec un matériau de faible puissance toxique puisse présenter un risque toxique plus important que le même produit fabriqué avec un matériau de puissance toxique plus élevée, si ce dernier est plus résistant à l'allumage et/ou si une fois allumé, il brûle (c'est-à-dire qu'il perd de la masse) plus lentement que le premier.

A la lumière des éléments indiqués ci-dessus, il convient que les prescriptions de puissance toxique fondées sur les données fournies par cette méthode d'essai ou toute autre ne soient pas incluses dans les spécifications pour les matériaux ou les produits finis, sauf dans les cas où elles sont étayées par des essais complémentaires pour mesurer la vitesse de perte de masse dans un scénario approprié ou si elles font partie d'une évaluation du risque documentée qui tient compte de la perte de masse, des concentrations d'exposition, du temps d'évacuation et du temps de tenabilité, etc.

Pour déterminer le risque toxique d'un feu en utilisant les données de puissance toxique, il est nécessaire de connaître les éléments suivants.

- a) Les puissances toxiques des effluents produits par les éprouvettes mesurées dans les mêmes conditions de décomposition que celles au feu, exprimées en termes de doses létales d'exposition de perte de masse.
- b) Les vitesses de perte de masse des éprouvettes soumises à un feu et les volumes d'air dans lesquels elles sont dispersées

Avec ces éléments, il est possible de déterminer la durée pendant laquelle une dose létale d'effluents toxiques serait inhalée et la contribution à la létalité globale des éprouvettes individuelles.