

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Live working – Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc –

Part 1-2: Test methods – Method 2: Determination of arc protection class of material and clothing by using a constrained and directed arc (box test)

Travaux sous tension – Vêtements de protection contre les dangers thermiques d'un arc électrique –

Partie 1-2: Méthodes d'essai – Méthode 2: Détermination de la classe de protection contre l'arc de matériaux et de vêtements au moyen d'un arc dirigé et contraint (enceinte d'essai)



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Live working – Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc –

Part 1-2: Test methods – Method 2: Determination of arc protection class of material and clothing by using a constrained and directed arc (box test)

Travaux sous tension – Vêtements de protection contre les dangers thermiques d'un arc électrique –

Partie 1-2: Méthodes d'essai – Méthode 2: Détermination de la classe de protection contre l'arc de matériaux et de vêtements au moyen d'un arc dirigé et contraint (enceinte d'essai)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 13.220.40, 29.260, 29.260.99

ISBN 978-2-8322-1881-5

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions and symbols	6
3.1 Terms and definitions	6
3.2 Symbols and units used in this document	11
4 Principle of the test method	11
4.1 Material box test procedure	11
4.2 Garment box test procedure	11
5 Significance and use of the test method	12
6 Test apparatus	12
6.1 Test apparatus and test box	12
6.2 Material box test procedure	15
6.2.1 Arrangement of the material box test procedure	15
6.2.2 Test plate (panel) construction	16
6.2.3 Sensor construction	17
6.2.4 Sensor response	17
6.3 Garment box test procedure	17
6.3.1 Arrangement of the garment box test procedure	17
6.3.2 Mannequin construction	17
6.4 Electric supply and electrodes	18
6.4.1 Test circuit	18
6.4.2 Test circuit control	18
6.4.3 Electrodes	18
6.4.4 Fuse wire	18
6.5 Electric test arc characteristics	19
6.6 Measurement and data acquisition system	19
7 Operator safety	19
8 Specimen preparation	20
8.1 Description of the test specimens	20
8.1.1 Test specimens for material box test procedure	20
8.1.2 Test specimens for garment box test procedure	20
8.2 Pre-treatment by cleaning	20
8.3 Pre-conditioning of the test specimens	20
9 Calibration	20
9.1 Data acquisition system pre-calibration	20
9.2 Calorimeter calibration check	20
9.3 Arc exposure calibration	21
9.4 Calibration of the electric test circuit and testing	21
9.5 Confirmation of test apparatus setting	22
9.6 Preparing and conditioning of the box	22
10 Apparatus care and maintenance	22
10.1 Surface reconditioning of the sensors	22
10.2 Care of test plate and mannequin	23
10.3 Care of electrodes	23

11	Test procedures	23
11.1	Test parameters.....	23
11.2	Number of tests	23
11.3	Test conditions and initial temperature.....	24
11.4	Specimen mounting	24
11.4.1	Material box test procedure	24
11.4.2	Garment box test procedure	24
11.5	Specimen description.....	24
12	Interpretation of results.....	25
12.1	Heat transfer.....	25
12.1.1	Determining time zero.....	25
12.1.2	Plotting sensor response	25
12.1.3	Incident energy E_i	25
12.1.4	Sensor response versus Stoll curve.....	25
12.2	Visual inspection.....	25
12.3	Test result.....	26
12.3.1	Acceptance criteria of material box test procedure.....	26
12.3.2	Acceptance criteria of garment box test procedure.....	26
13	Test report.....	27
	Annex A (informative) Precision of the test method	28
	Bibliography.....	29
	Figure 1 – Test box.....	14
	Figure 2 – Test set-up.....	15
	Figure 3 – Test plate with sensors (calorimeters in mounting boards)	16
	Table 1 – Test validity check range of direct exposure incident energy (permissible direct exposure incident energy range)	21
	Table 2 – Test validity check range of arc energy (permissible arc energy range)	22
	Table 3 – Test parameters for Classes 1 and 2.....	23
	Table 4 – Acceptance criteria for tests on materials	26
	Table 5 – Acceptance criteria for tests on garments.....	26
	Table A.1 – Repeatability and reproducibility values of test procedure	28

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**LIVE WORKING – PROTECTIVE CLOTHING AGAINST
THE THERMAL HAZARDS OF AN ELECTRIC ARC –****Part 1-2: Test methods –
Method 2: Determination of arc protection class of material
and clothing by using a constrained and directed arc (box test)**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61482-1-2 has been prepared by IEC technical committee 78: Live working.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2007. This edition constitutes a technical revision.

It includes the following significant technical changes with regard to the previous edition:

- new mean values of main control parameters *arc energy* and *incident energy* based on an extended statistical database consisting of parameter values measured in four laboratories;
- reduction of validity check ranges of main control parameters;

- determination of the *incident energy* by averaging the two *sensor* values of a test (instead of considering each single *sensor* value);
- determination of the heat curves of transmitted *incident energy* and an amendment to the *heat flux* acceptance criterion;
- information on precision (repeatability and reproducibility) of the test method;
- clarification of the scope;
- selection of the *arc protection classes* (test classes) by the amount of the *arc energy* and *incident energy* instead of the short-circuit current;
- permitting electrode design without bores;
- recommendations of the heat resistance *materials* to be used for the box and for the test plate;
- clarification of the conditions for cleaning and replacing the box;
- requirement for including in the test report the differences ΔE_i of the *transmitted energy* values to the Stoll limit value at $t_{\max}$ and the information if the heat curves of transmitted *incident energy* exceed the *Stoll curve* during the *exposure time*;
- preconditioning of the samples according to manufacturer's instruction.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
78/1053/FDIS	78/1089/RVD

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

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

In this standard terms defined in Clause 3 appear in *italics*.

A list of all parts in the IEC 61482 series, published under the general title *Live working – Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

LIVE WORKING – PROTECTIVE CLOTHING AGAINST THE THERMAL HAZARDS OF AN ELECTRIC ARC –

Part 1-2: Test methods –

Method 2: Determination of arc protection class of material and clothing by using a constrained and directed arc (box test)

1 Scope

This part of IEC 61482 specifies procedures to test *material* and *garments* intended for use in heat and flame-resistant *clothing* for workers if there is an electric arc hazard. A directed and constrained *electric arc* in a test circuit is used to classify *material* and *clothing* in two defined *arc protection classes*.

This International Standard is not dedicated toward measuring the arc rating values (ATPV¹, ELIM² or EBT³). Procedures determining these arc rating values are prescribed in IEC 61482-1-1, using an open arc for testing.

Other effects than the thermal effects of an electric arc like noise, light emissions, pressure rise, hot oil, electric shock, the consequences of physical and mental shock or toxic influences are not covered by this standard.

Protective clothing for work intentionally using an *electric arc*, e.g. arc welding, plasma torch, is not covered by this standard.

2 Normative references

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

ISO 9151:1995, *Protective clothing against heat and flame – Determination of heat transmission on exposure to flame*

3 Terms, definitions and symbols

For the purposes of this document, the following terms, definitions and symbols apply.

3.1 Terms and definitions

3.1.1

arc current

I_{arc}

current actually flowing in the electric test circuit during *arc duration* (through the arc)

¹ ATPV = *arc thermal performance value*.

² ELIM = *incident energy limit*

³ EBT = *breakopen energy threshold*

Note 1 to entry: *Arc current* is expressed in kA rms.

Note 2 to entry: The *arc current* flowing during *arc duration* fluctuates due to the non-linear arc impedance stochastically varying with time.

3.1.2

arc duration

time duration of the arc

Note 1 to entry: *Arc duration* is expressed in ms.

3.1.3

arc energy

W_{arc}

electrical energy supplied to the arc and converted in the arc

Note 1 to entry: *Arc energy* is the sum of the instantaneous *arc voltage* values multiplied by the instantaneous *arc current* values multiplied by the incremental time values during the *arc duration*.

Note 2 to entry: *Arc energy* is expressed in kJ or kW·s.

3.1.4

arc gap

distance between the arc electrodes

Note 1 to entry: *Arc gap* is expressed in mm.

3.1.5

arc protection class

category of *arc thermal protection* of *material* and *protective clothing* tested in the box test (class 1 or class 2)

Note 1 to entry: The *arc protection class* is characterized by the test energy level of arc exposure (*arc energy* and *incident energy*).

Note 2 to entry: Tested *material* and *protective clothing* show *arc thermal protection* at minimum up to the class energy level. In general the actual exposure energy limit up to which the *material* and *protective clothing* provide protection is higher.

3.1.6

arc thermal protection

degree of thermal protection offered against *electric arc* under specific arc testing conditions

Note 1 to entry: For *materials*, the arc thermal performance is obtained from the measurement of the *transmitted energy* and by evaluation of other thermal parameters (*burning time*, *hole formation*, *melting*).

Note 2 to entry: For *garments*, the arc thermal performance is obtained by evaluation of thermal parameters (*burning time*, *hole formation*, *melting*) and of the functioning of fasteners and accessories.

3.1.7

arc voltage

voltage across the arc

Note 1 to entry: *Arc voltage* is expressed in V.

3.1.8

burning time

after flame time

time for which a flaming of the test specimen is visible after the end of the electric arc duration

Note 1 to entry: *Burning time* is expressed in s.

3.1.9

calorimeter

assembly of a copper disc with attached thermocouple used for measuring the heat flux and incident energy

3.1.10

charring

formation of carbonaceous residue as the result of pyrolysis or incomplete combustion

3.1.11

clothing

assembly of *garments* worn by workers

3.1.12

delta peak temperature

ΔT_p

difference between the maximum temperature and the initial temperature of the *sensor* during the test *exposure time*

Note 1 to entry: *Delta peak temperature* is expressed in °C.

Note 2 to entry: The symbol ΔT_p is used without index when testing with *material*; an additional index "0" is used when testing without *material* for calibration (ΔT_{p0}).

3.1.13

direct exposure incident energy

E_{i0}

heat energy or *incident energy* emitted by the *electric arc* and received at a *calorimeter* directly exposed to the arc without *material* influence

Note 1 to entry: *Direct exposure incident energy* is used for calibration.

Note 2 to entry: *Direct exposure incident energy* is expressed in kJ/m² or kW·s/m² (cal/cm²)⁴.

3.1.14

dripping

material response evidenced by flowing of the fibre polymer

3.1.15

electric arc

self-maintained gas conduction for which most of the charge carriers are electrons supplied by primary-electron emission

Note 1 to entry: During live working, the *electric arc* is generated by gas ionisation arising from an unintentional electrical conducting connection or breakdown between live parts or a live part and the earth path of an electrical installation or an electrical device. During testing, the *electric arc* is initiated by the blowing of a fuse wire.

[SOURCE: IEC 60050-121:1998, 121-13-12, modified – the Note 1 to entry has been added to refer specifically to live working and arc testing.]

3.1.16

embrittlement

formation of a brittle residue as the result of pyrolysis or incomplete combustion

3.1.17

exposure time

total test time interval of observation and measurement

⁴ Correlation: 1 cal/cm² = 41,868 kJ/m²; 1 kJ/m² = 0,023 885 cal/cm².

Note 1 to entry: *Exposure time* is expressed in s.

3.1.18

garment

single item of *clothing* which may consist of single or multiple layers

3.1.19

heat flux

thermal intensity of an *electric arc* indicated by the amount of energy transmitted per unit area and time

Note 1 to entry: *Heat flux* is expressed in kW/m².

3.1.20

hole formation

existence of openings in the test specimen *material* with minimum 5 mm in any direction

3.1.21

ignition

initiation of flaming and combustion

3.1.22

incident energy

E_i

heat energy (total heat) received at a unit surface area as a result of an electric arc

Note 1 to entry: *Incident energy* is measured as a proportional peak temperature rise ΔT_p of a *calorimeter sensor*.

Note 2 to entry: *Incident energy* is expressed in kJ/m² or kW·s/m² (cal/cm²).

3.1.23

material

fabric or other substances of which the *garment* is made

Note 1 to entry: The *material* may consist of single or multiple layers.

3.1.24

material response

reaction of the *material* to an *electric arc* characterized by *burning time* (after flame), *ignition*, *hole formation*, *melting*, *dripping*, *charring*, *embrittlement*, *shrinkage* and *transmitted energy*

3.1.25

melting

material response evidenced by softening and deformation

Note 1 to entry: *Materials* which melt are normally polymer(s).

3.1.26

prospective short-circuit current

predicted current flowing when the arc electrodes are connected by a conductor of negligible impedance (short-circuit of supply)

Note 1 to entry: *Prospective short-circuit current* is expressed in kA rms.

Note 2 to entry: There is in general a difference between the actual *arc current* I_{arc} and the *test current* I_{class} as defined. The actual *arc current* flowing during the *arc duration* is smaller and fluctuates due to the non-linear arc impedance stochastically varying with time. Reproducible test conditions may only be defined by means of the *prospective short-circuit current* to be expected in case of impedance-less connected arc electrodes. This *prospective short-circuit current* is, by the way, also a parameter which describes the practically interesting points in the electrical systems or installations where arc exposure has to be considered.

3.1.27

protective clothing

clothing which covers or replaces personal *clothing*, and which is designed to provide protection against one or more hazards

[SOURCE: ISO 13688:2013, 3.5, modified – the definition has been modified to clarify it by removing the unclear term “protector”]

3.1.28

sensor

assembly with a *calorimeter* and a non-conductive heat-resistant *material* in which the *calorimeter* is mounted

3.1.29

shrinkage

material response evidenced by the reduction in specimen size

3.1.30

Stoll curve

an empirical predicted second-degree skin burn injury model defining a relationship between the amount of thermal energy transferred to human tissue and the time of exposure

3.1.31

test current

I_{class}

prospective short-circuit current of the electric test circuit (predicted current)

Note 1 to entry: *Test current* is expressed in kA rms (symmetrical a.c. component).

3.1.32

test voltage

no-load a.c. voltage of the test circuit source at 50 Hz or 60 Hz

Note 1 to entry: *Test voltage* is expressed in V rms.

3.1.33

time to delta peak temperature

t_{max}

time from beginning of the initiation of the arc to the time the *delta peak temperature* is reached

Note 1 to entry: *Time to delta peak temperature* is expressed in s.

3.1.34

transmitted energy

E_{it}

incident energy received at a *calorimeter* when testing *material* or *clothing*

Note 1 to entry: *Transmitted energy* is the fraction of the emitted *incident energy* which is transmitted through the specimen.

Note 2 to entry: *Transmitted energy* is expressed in kJ/m² or kW·s/m² (cal/cm²).

3.1.35

X/R ratio

ratio of system inductive reactance to resistance

Note 1 to entry: The *X/R* ratio is proportional to the *L/R* ratio of time constant, and is, therefore, indicative of the rate of decay of any d.c. offset. A large *X/R* ratio corresponds to a large time constant and a slow rate of decay.

3.2 Symbols and units used in this document

E_i	<i>incident energy</i>	kJ/m^2 or $\text{kW}\cdot\text{s/m}^2$ (cal/cm^2) $1 \text{ cal/cm}^2 = 41,868 \text{ kJ/m}^2$; $1 \text{ kJ/m}^2 = 0,023885 \text{ cal/cm}^2$
E_{i0}	<i>direct exposure incident energy</i>	kJ/m^2 or $\text{kW}\cdot\text{s/m}^2$ (cal/cm^2)
E_{it}	<i>transmitted energy</i>	kJ/m^2 or $\text{kW}\cdot\text{s/m}^2$ (cal/cm^2)
I_{arc}	<i>arc current</i>	kA
I_{class}	<i>test current (prospective short-circuit current)</i>	kA
t_{max}	<i>time to delta peak temperature</i>	s
T_a	<i>ambient temperature</i>	°C
T_0	<i>initial sensor temperature</i>	°C
W_{arc}	<i>arc energy</i>	kJ , $\text{kW}\cdot\text{s}$
ΔT_p	<i>delta peak temperature</i>	°C
ΔT_{p0}	<i>delta peak temperature by calibration</i>	°C

4 Principle of the test method

4.1 Material box test procedure

The box test method comprises two procedures: the *material* box test procedure and the *garment* box test procedure.

The *material* box test procedure covered by this standard determines the behaviour of *materials* when exposed to heat energy from *electric arcs* with specific characteristics.

With the *material* box test procedure the amount of heat energy transferred by the flat *material(s)* is measured during and after exposure to a specified *electric arc*.

Material performance for this procedure is determined from the amount of heat transmitted through the specimen(s) and other thermal parameters.

The *heat flux* of the exposure during the calibration shot and the *heat flux* transferred by the test specimen(s) during a test shot are measured with copper *calorimeters*. The degree to which the temperature of the *calorimeters* increases is a direct measure of the heat energy received.

Heat transfer data is used to assess the occurrence of a second-degree burn using the *Stoll curve*.

Material response shall be further described by recording the observed effects of the *electric arc* exposure on the specimens.

4.2 Garment box test procedure

The *garment* box test procedure covered by this standard determines the behaviour of *garments* when exposed to heat energy from *electric arcs* with specific characteristics.

Garment performance for this procedure is determined by evaluating the function of the *protective clothing* after exposure to a specified *electric arc*, including all the *garment* findings, sewing thread, fastenings and other accessories.

With the *garment* box test procedure, no *heat flux* will be measured.

5 Significance and use of the test method

This test method is for testing *material* and *garments* of *protective clothing* used for electrotechnical work if there is an electrical arc risk.

The test method permits to assess the arc thermal performance of *materials* (*material* box test procedure) and *garments* (*garment* box test procedure) in terms of the energy level of the selected protection class. The protection class energy level is represented by the level of the *arc energy* and the corresponding level of the *direct exposure incident energy* according to the test conditions.

NOTE 1 There are two protection classes: Class 1 represents a basic protection level, class 2 an increased protection.

NOTE 2 In practice there can be situations with higher *arc energy* levels. Performing an electrical arc risk assessment, the potential *arc energy* of an arc flash is determined for the specific equipment and network conditions.

NOTE 3 This standard is for testing purposes. Guidance for the selection of the right *protective clothing* can be found in IEC 61482-2 and in an ISSA Guideline [1]⁵. Furthermore, there is a preliminary work of TC78 on a technical report for correlating the results of arc test methods to electrotechnical applications in order to select the proper *electric arc* protective equipment.

NOTE 4 Work continues to evaluate higher energy exposures.

With the box test set-up it is possible to evaluate *materials* and *garments* based on the use of a directed and constrained *electric arc* under defined laboratory conditions. A practical scenario concerning test set-up and test conditions, electrical and constructional parameters is selected.

The heat energy transfer and impact of the test arc are due to radiation, convection by the hot plasma and gas cloud, direct contact with the plasma cloud or parts of it, and hot molten metal particles and splash.

The test box set-up is introduced to meet typical arc fault conditions and particularly to cover actual arc exposure conditions in electrical equipment and switchgear, mainly in opened compact equipment, e.g. service entrance boxes, cable distribution cabinets, distribution substations or comparable installations where the *electric arc* is directed to the front of a worker at the height of his breastbone.

NOTE 5 The test set-up configuration of this standard leads to high heat transmission. Other exposure conditions such as vertical electrodes open-arc conditions are also covered by the test set-up.

The test set-ups maintain the specimen in a static vertical position and do not involve movement except that resulting from the exposure.

The test method specifies a standard set of exposure conditions. Different exposure conditions may produce more or less severe results. In addition to the standard set of exposure conditions, other conditions representative of the expected hazard may be used.

6 Test apparatus

6.1 Test apparatus and test box

The test apparatus shall consist of the following elements:

- test box for both procedures;

⁵ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

- two-*sensor* test plate for *material* box test procedure;
- mannequin for *garment* box test procedure;
- electric supply and electrode configuration;
- recorder;
- data acquisition system.

The test box arrangement (identical for both procedures) is shown in Figure 1.

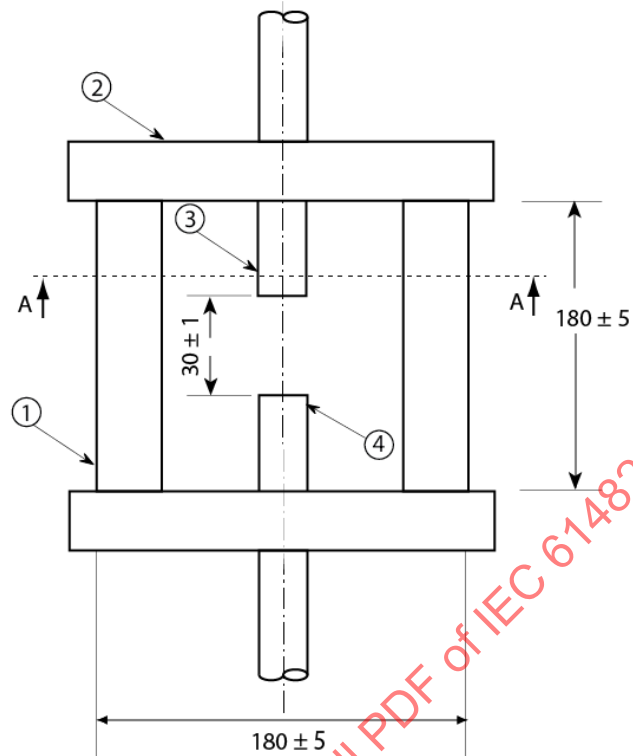
The test box shall be of electrically and thermally non-conductive, heat resistant material.

If plaster is used, then plaster material which gives a smooth and solid surface shall be used.

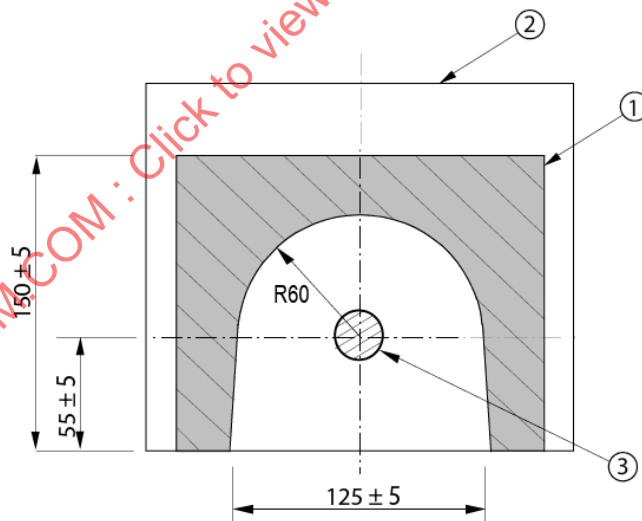
NOTE Besides others, the use of Keraquick^{TM6} moulding compound, a ceramic powder for relief casting, has shown suitable results.

⁶ KeraquickTM is the trade name of a product supplied by KnorrPrandell GmbH, 96215 Lichtenfels, Germany. This information is given for the convenience of users of this standard and does not constitute an endorsement by IEC of the product named. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.

Dimensions in millimetres



Front view



Cut A profile

Key

- 1 box, non-conductive heat resistant material (e.g. plaster)
- 2 insulating plate, thickness > 15
- 3 electrode $\varnothing 25 \pm 0,1$ (aluminum)
- 4 electrode $\varnothing 25 \pm 0,1$ (copper)

Figure 1 – Test box

6.2 Material box test procedure

6.2.1 Arrangement of the material box test procedure

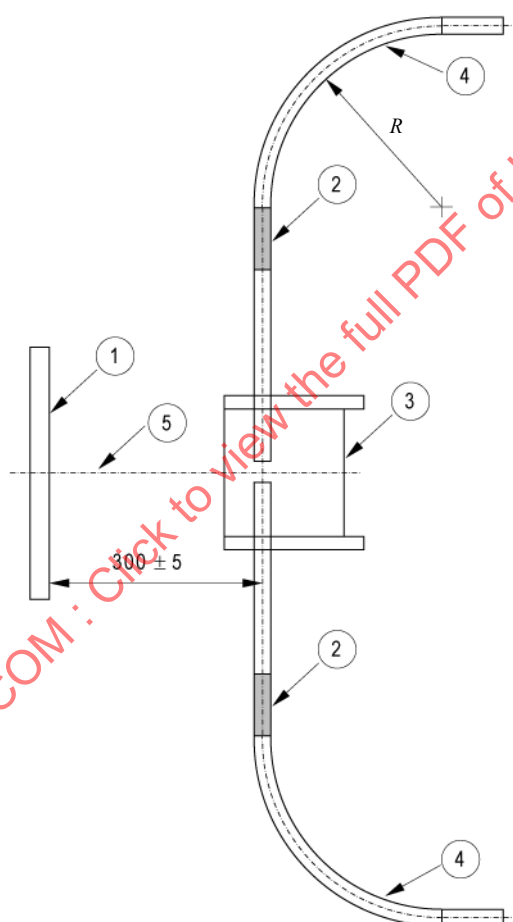
The *material* box test procedure is used to measure and find *material response* to an arc exposure when tested in a flat configuration. A quantitative measurement of the arc thermal performance by means of the *heat flux* or energy transmitted through the *material* is made.

The arrangement is shown in Figure 2.

The distance from electrode (centre line) to test plate (surface) shall be $300 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$.

The gap between electrodes shall be $30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ (*arc gap*).

Dimensions in millimetres



IEC

Key

- 1 test plate with specimen (400×400 , thickness >10) or test mannequin (torso)
- 2 cable connector
- 3 test box
- 4 connecting cable ($R > 1\,000$)
- 5 horizontal centre line

Figure 2 – Test set-up

6.2.2 Test plate (panel) construction

The test plate construction is shown in Figure 3.

The test plate shall be of non-conductive heat resistant material (e.g. Marinite A, Monolux 500, asbestosfree transite board, oven insulation, phenolic resin PF CP 201TM 7).

Size: $(400 \pm 10) \text{ mm} \times (400 \pm 10) \text{ mm}$

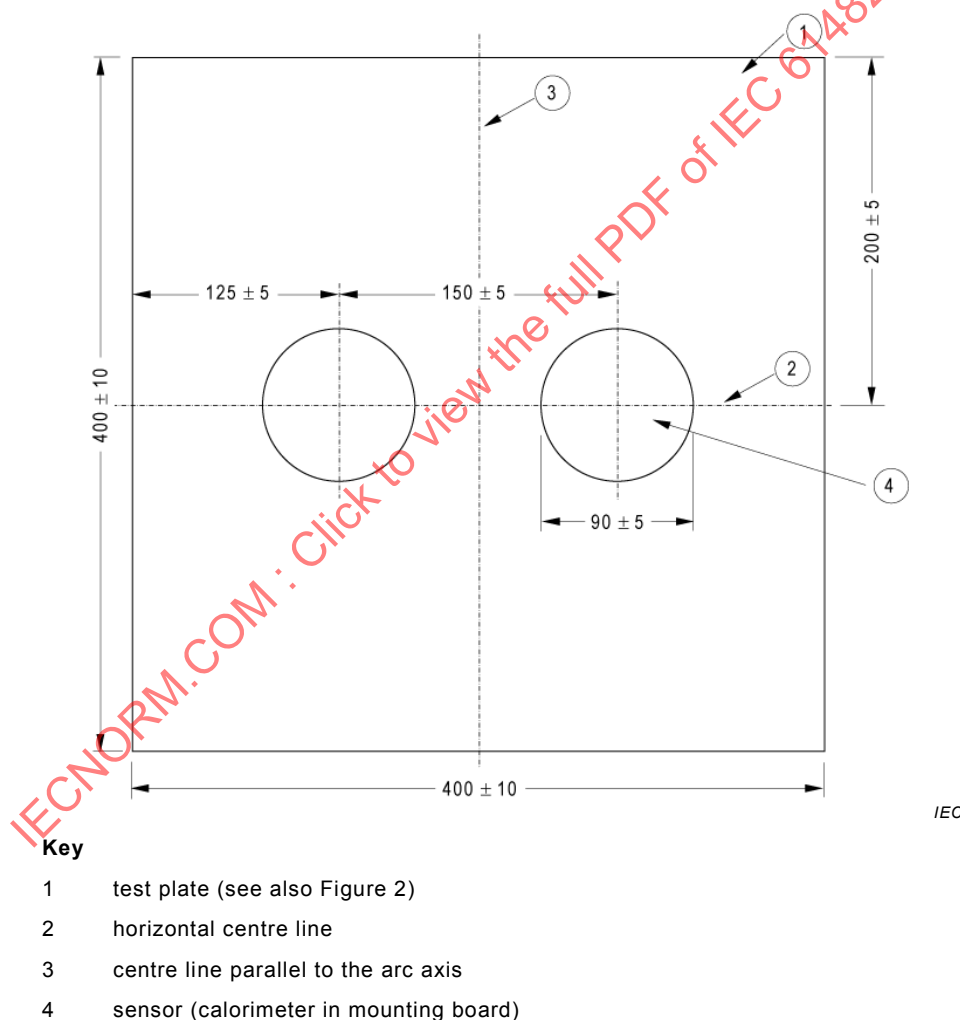
Thickness: minimum 10 mm

Sensors: *sensor with calorimeters* according to 5.2 of ISO 9151:1995 with thermocouples type T

number: 2

configuration: in the test plate, see Figure 3.

Dimensions in millimetres



**Figure 3 – Test plate with sensors
(calorimeters in mounting boards)**

7 Marinite A, Monolux 500 and phenolic resin PF CP 201TM are examples of suitable products available commercially. This information is given for the convenience of users of this standard and does not constitute an endorsement by IEC of the product named. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.

6.2.3 Sensor construction

The *sensor* consists of a *calorimeter* embedded in an insulating board. The *sensor* diameter is $90 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ (see Figure 3). The *calorimeter* consists of a $18 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ copper disc of $40 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ in diameter, thickness of $1,6 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$, a purity of at least 99 % and of a copper-constantan thermocouple T type. The disc shall be accurately weighted before assembly. The *calorimeter* shall be constructed from grade copper.

The copper-constantan wire thermocouple (type T) shall be mounted with the constantan wire in the copper disc centre and the copper wire at any distance outside the disc centre. The disc of the *calorimeter* shall be embedded in an insulating board. It shall be mounted flush with the surface of this mounting board. The surface area of the copper disc intended for heat receiving shall be covered by a thin layer of optical-black high temperature paint with an emissivity $> 0,9$.

6.2.4 Sensor response

The conversion of the *sensor* response in the form of the temperature rise in $^{\circ}\text{C}$ to heat energy (*incident energy*) in units of kJ/m^2 is to be done by multiplying the delta temperature values by the constant factor $5,52 \text{ kJ/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

NOTE 1 The constant factor (*sensor* constant) is based on an average value for the copper thermal capacity C_p equal to $0,385 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$ (80°C) in the tested temperature range, multiplied by the calorimeter copper plate mass of 18 g (resulting from a diameter of 40 mm and a thickness of $1,6 \text{ mm}$) and divided by the plate cross sectional area of $12,56 \text{ cm}^2$.

NOTE 2 Another way to consider the temperature dependency of copper thermal capacity C_p is to use the correction described in IEC 61482-1-1.

6.3 Garment box test procedure

6.3.1 Arrangement of the garment box test procedure

Instead of flat panels, a mannequin shall be employed for the *garment* box test procedure. The procedure is used to test the function of the *protective clothing* after an arc exposure including all the *garment* findings, sewing thread, fastenings and other accessories.

The arrangement is shown in Figure 2.

Instead of the flat test plate a mannequin shall be installed.

The upper torso test mannequin shall be positioned such that the midpoint of the sternum area is horizontally and vertically aligned with the electrode gap.

The distance from electrode (centre line) to mannequin (surface) shall be $300 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$.

6.3.2 Mannequin construction

A test mannequin made of non flammable, non metallic material shall be used for the garment test. Suitable are upper torso mannequins with a chest circumference of $1\,000 \text{ mm} \pm 100 \text{ mm}$.

For the test of *garments* dedicated for the lower part of the body a mannequin consisting of hips with legs could be used. Position the centre of the *electrodes gap* at the height of the crotch.

Portions of *garments* that are of interest can also be tested on the test plate in a flat position.

The test mannequin shall be supported in such a way, that it remains in position for the duration of the electric arc.

6.4 Electric supply and electrodes

6.4.1 Test circuit

The electric supply shall be able to provide an almost constant a.c. source voltage and short-circuit current (symmetrical a.c. component) during a time interval according to the *arc duration*. Both 50 Hz and 60 Hz a.c. are allowed.

The test circuit shall be set so that a voltage according to the *test voltage* appears under open-circuit conditions, and a current according to the *test current* would flow if the electrodes were connected impedance-less (short-circuit). The arc tests shall be carried out for this setting.

6.4.2 Test circuit control

Test voltage and *test current* shall be verified by measurement. The *test current* (*prospective short-circuit current*) shall be recorded in form of an oscillogram of the instantaneous values. A graph shall be plotted.

NOTE 1 Frequent verification measurements carried out before and/or after a series of arc tests are purposeful. An electrode shorting link sufficiently dimensioned is necessary for short-circuit tests.

The closure and interruption of the electrical test circuit shall be done by circuit breakers which have to be controlled according to the *arc duration*.

The *X/R ratio* should range between 1 and 5.

NOTE 2 There are no special requirements concerning the circuit closure (angle referring the current sin-wave) and the impedance angle or *X/R* ratio of the source impedance; the closure of the test circuit at the zero-crossing of the open-circuit voltage of the test circuit leads to the maximum peak current.

6.4.3 Electrodes

The two electrodes shall be made of rods having $25 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ of diameter. The electrodes can be constructed with bores of a diameter $14 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ and depth $20 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ or without bores.

The top electrode shall be made of unalloyed aluminum with purity at least 99,5 %.

The bottom electrode shall be made of electrolytic copper with purity at least 99,5 %.

The end of the electrode has to be cut straight across perpendicular to the axis of the electrode.

NOTE Electrodes with bores (as required in edition 1 of the standard) provide a good stability of the test arc. But electrodes with bores or without bores give equivalent results as shown by comparing tests.

6.4.4 Fuse wire

A fuse wire, connecting the ends of opposing electrodes tips, shall be used to initiate the arc. This wire is consumed during the test; therefore, its mass shall be very small to reduce the chance of molten metal burns. The fuse wire shall be a copper wire with a nominal diameter of maximum 0,5 mm.

6.5 Electric test arc characteristics

The characteristics of the electric test arc are defined by the following parameters:

Test voltage:	400 V a.c. $\pm 5\%$
Test current I_{class} for class 1:	4 kA $\pm 5\%$
Test current I_{class} for class 2:	7 kA $\pm 5\%$
Arc duration:	500 ms $\pm 5\%$
Frequency:	(50 $\pm 0,1$) Hz or (60 $\pm 0,12$) Hz

These parameters shall be adjusted during calibration, and the same parameters shall be used in each test of a series. The actual *arc voltage* and *arc current* shall be recorded during the *arc duration* in each test.

6.6 Measurement and data acquisition system

The system shall be capable of simultaneously recording the current and voltage of the test circuit.

The sampling rate shall be at least 5 kHz.

The actual *arc current* and voltage shall be measured in each arc test. Their graphs shall be plotted in the protocol.

In addition to the voltage and current, the two *calorimeter* outputs shall be recorded (*material box test procedure*). The temperature data shall be acquired at a minimum sampling rate of 50 ms per channel for 30 s. The temperature acquisition system shall have at least a resolution of 0,1 °C.

7 Operator safety

The test apparatus and test arcs discharge large amounts of energy.

The following hazards can occur, including but not limited to:

- very intense light
- contact with molten and vaporized metal
- extreme sound pressure
- combustion products, smoke and fumes
- the test apparatus, electrodes and *calorimeter* assembly become hot during testing
- risk of fire due to ignited specimens and combustion gases
- risk of electrocution during reconditioning or changes, etc.

The safety of persons shall be guaranteed according to national legislation.

NOTE 1 Protective barriers or a safe distance can be used to prevent electrocution and contact with molten and vaporized metal. Heavily tinted glasses may help to protect viewers of tests. In case of indoor tests, combustion products, smoke and fumes are carried away by ventilation after testing and before entering.

NOTE 2 Respiratory protective devices, (e.g. power assisted filtering devices with hood or whole mask and appropriate filter may protect test personnel) can be used when taking down or changing the specimens directly after each test if combustion products, smoke and fumes remain.

NOTE 3 A method to ventilate the area can be used in order to carry away combustion products, smoke and fumes.

8 Specimen preparation

8.1 Description of the test specimens

8.1.1 Test specimens for material box test procedure

From the *material* to be tested, the size of the pre-treated specimen (see 8.2) shall be 500 mm $\pm$ 10 mm long and 500 mm $\pm$ 10 mm wide. A series of minimum four and maximum five specimens shall be tested (see 11.2).

The specimen shall be cut in the length (machine direction) and width (cross direction) of the *material*.

8.1.2 Test specimens for garment box test procedure

The *garment* specimen shall be an item (e.g. jacket) made from the test *material* with all standard findings, fasteners and pockets included. The size of the *garment* shall fit the mannequin. One test specimen of *garment* shall be tested.

8.2 Pre-treatment by cleaning

Before testing *materials* or *garments* the test specimens shall be pre-treated by cleaning.

The cleaning shall be in line with the manufacturer's instruction on the basis of standardized processes. If the number of cleaning cycles is not specified, the tests shall be carried out after five cleaning cycles (a cleaning cycle is one wash and a dry cycle). This shall be reflected in the information supplied by the manufacturer.

If washing is permitted as well as dry cleaning, then the specimen shall only be washed. Products which are labeled as dry cleaning only shall be dry cleaned only.

NOTE The manufacturer's instructions typically indicate one or several of the various methods and processes of ISO 6330, ISO 15797, ISO 3175-2 or equivalent standardized processes for washing.

8.3 Pre-conditioning of the test specimens

Before testing the specimen shall be pre-conditioned.

The temperature range shall be between 18 °C and 28 °C and the relative humidity between 45 % and 75 % for at least 24 h.

9 Calibration

9.1 Data acquisition system pre-calibration

The data acquisition system shall be calibrated by using a thermocouple calibrator/simulator. This will allow calibrations to be made at multiple points and at levels above 100 °C.

9.2 Calorimeter calibration check

Calorimeters shall be checked to verify proper operation. The temperature use of each *calorimeter* and system response shall be measured. At 30 s no one *calorimeter* response shall vary more than 5 % from the long term average of both *calorimeters*. Any *calorimeter* not meeting this requirement shall be replaced.

A *calorimeter* check should be performed each testing day.

One acceptable method to check the performance of a *calorimeter* is to expose each *calorimeter* to a fixed radiant energy source for 10 s. For example the front surface of a 500 W spot light is placed at a distance of about 10 mm from the *calorimeter*. The spot light beam is centered on, and perpendicular to, the *calorimeter*.

Before first placing *calorimeters* within the plate, the stationary temperature response needs to be measured.

One acceptable method for this is to adjust three stationary temperatures, e.g. $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

9.3 Arc exposure calibration

Frequent calibration checks of the test arrangements and parameters shall be performed without the test specimen in accordance with 6.4 to 6.6.

The test apparatus shall be adjusted to produce the desired *test current* and arc duration.

The position of the electrodes of the test apparatus shall be checked to produce a 30 mm *arc gap*. The mid-point of the electrode gap shall be at the same elevation as the centre point of the *sensors* (see Figure 3). The fuse wire connecting both electrodes shall be pulled tight and the excess trimmed.

NOTE A method for placing the fuse wire is to connect it to the end of one electrode by making several wraps and twists and then to the end of the other electrode by the same method.

9.4 Calibration of the electric test circuit and testing

Calibration oscillograms of the prospective *test current* adjusted and the *test voltage* proving the test conditions shall be recorded at least for each test series with unchanged test parameters, at a minimum once per week.

In the case of *material* box tests, before testing, a calibration test without the *material* shall be carried out by measuring the *direct exposure incident energy* E_{i0} .

For this calibration shot the average of the two *sensors* shall be calculated. It shall be proven that this averaged energy E_{i0} lies within a permissible deviation range around the mean values according to Table 1.

**Table 1 – Test validity check range of direct exposure incident energy
(permissible direct exposure incident energy range)**

Arc protection class	Mean value E_{i0} , kJ/m ² (cal/cm ²)	Permissible deviation range kJ/m ² (cal/cm ²)
Class 1	146 (3,48)	± 28 (0,65)
Class 2	427 (10,185)	± 39 (0,95)

NOTE 1 The *direct exposure incident energy* of the directed box arc is different to the ATPV found in testing according to IEC 61482-1-1.

For each arc shot of the test the *arc energy* values shall be determined. An arc shot is only valid if the *arc energy* W_{arc} ranges within a permissible deviation around the mean values according to Table 2. Otherwise the arc shot shall be repeated.

**Table 2 – Test validity check range of arc energy
(permissible arc energy range)**

Arc protection class	Mean value W_{arc} kJ	Permissible deviation range kJ
Class 1	168	± 17
Class 2	320	± 22

NOTE 2 A round robin test between four laboratories has shown that the permissible deviation range can be reduced to 1 sigma.

9.5 Confirmation of test apparatus setting

The test apparatus setting shall be confirmed for each test. Values reported shall be *arc current*, *arc duration*, *arc energy*, *arc voltage*, and the *direct exposure incident energy* measured before a test series. A graph of the *arc current* and *arc voltage* shall be plotted to ensure proper waveform.

In addition, the ambient temperature and relative humidity (see 11.3) shall be recorded. The influence of wind or air convection flow during testing shall be prevented.

9.6 Preparing and conditioning of the box

The box shall be prepared and conditioned before testing. The box shall be in a dry and “conditioned” state.

Follow these instructions for preparing and conditioning before testing:

- The box shall be dried in an oven with a temperature of about 60 °C for a period of 12 h. It shall be proved that the weight and the surface electrical resistance do not change more than 5 % at the end of the preparing process.
- Then a first arc shot shall be made before the use of the box for regular calibration and testing.

The box shall be cleaned after each arc shot by removing metal particles and other sediments from the box surface. If the box is made of plaster it shall be cleaned after each arc shot as close as practical to its original condition by carefully removing a small plaster surface layer by means of an appropriate tool, i.e. brush or spatula. If the box becomes out of tolerances or the performance becomes insufficient as a result of cleaning, it shall be replaced.

NOTE The maximum number of arc shots is influenced by the box material used for its fabrication.

10 Apparatus care and maintenance

10.1 Surface reconditioning of the sensors

Wipe each *sensor* face immediately after each test, while hot, to remove any decomposition products which condense and could be a source of future error. If a deposit collects and appears to be thicker than a thin layer of paint, or is irregular, the *sensor* surface requires reconditioning. Carefully clean the cooled *sensor* with an acetone or petroleum solvent, making certain to follow safe handling practices.

Repaint the surface with a thin layer of flat, black, high temperature spray paint. Use the same paint on all *sensors* and ensure that the paint is dry before running the next test. Calibration shall be done after each reconditioning of the *sensors*.

NOTE Black paints are e.g. Krylon™ BBQ & Stove paint 1618 or ARCHITECT Grillspray, 400ml, Tec-Art Art.Nr./Code: J32 4 694⁸.

10.2 Care of test plate and mannequin

The test plate and mannequin shall be kept dry. For outdoor tests, they shall be covered during long periods between tests to prevent excess temperature rise resulting from exposure to the sun.

10.3 Care of electrodes

Electrodes shall be cleaned from arc shot to arc shot mechanically. The surface shall be plane, the molten metal and parts of the fuse wire have to be removed. The cleaning shall allow a sufficient electrical contact for enabling firing of the arc by the fuse wire.

The *arc gap* shall be maintained to the required distance of 30 mm ± 1 mm before each arc shot. The electrodes shall be changed, if the *electric arc* characteristics are not maintained as required in 6.5 and 9.4. Any arc shots which do not maintain the required *electric arc* characteristics shall be discarded.

11 Test procedures

11.1 Test parameters

The test parameters indicated in Table 3 are adjusted following the two characteristic *arc protection classes* (test classes).

Table 3 – Test parameters for Classes 1 and 2

Arc protection class (test class)	Test current kA	Test voltage V ac	Arc duration ms
Class 1	4 ± 5 %	400 ± 5 %	500 ± 5 %
Class 2	7 ± 5 %	400 ± 5 %	500 ± 5 %

The gap of the electrodes shall be 30 mm ± 1 mm, the distance between the arc centre line and the test plate or mannequin (torso) surface shall be 300 mm ± 5 mm.

11.2 Number of tests

A series of four specimens shall be tested with the *material* box test procedure.

If only one of the series of four does not fulfill the acceptance criteria of 12.3.1 a fifth specimen shall be tested. No more than a total of five single specimen tests shall be done.

One test specimen of the *garment* at a minimum shall be tested with the *garment* box test procedure.

⁸ Krylon™ BBQ & Stove paint 1618 and ARCHITECT Grillspray, 400ml, Tec-Art Art.Nr./Code: J32 4 694 are examples of suitable products available commercially. This information is given for the convenience of users of this standard and does not constitute an endorsement by IEC of these products.

This information is given for the convenience of users of this standard and does not constitute an endorsement by IEC of the product named. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.

Additional specimens are required in case *arc energy* during one or several test shots is outside the permissible range, as arc shots with arc energy outside the permissible range shall be discarded.

11.3 Test conditions and initial temperature

The test shall be carried out as an indoor or an outdoor test at an ambient temperature T_a between 15 °C and 35 °C and a relative humidity of 25 % to 75 %.

Indoor tests shall be carried out without ventilation during the test procedure. When testing outdoor, appropriate means are required to prevent effects of wind, rain, etc.

Testing shall start not later than 5 min after the specimen under test is taken from the pre-conditioning atmosphere.

The ambient temperature T_a and initial temperature of the *sensors* T_0 have to be measured. It has to be guaranteed that the initial temperature of the *sensors* (for the temperature difference measurement by means of the thermocouples) is in a tolerance of $T_0 = T_a \pm 2$ °C for the test series. Decomposition products shall be removed. If condensed decomposition products become thicker than the paint layer, the *sensor* shall be cleaned. The active *sensor* surface shall be reconditioned frequently by repainting in black colour. The same colour shall be used for all *sensors* (see also 10.1).

A jet of air or contact with a cold surface provides a cooling of the *sensors*. An acetone or petroleum solvent are appropriate for cleaning cooled *sensors*.

11.4 Specimen mounting

11.4.1 Material box test procedure

The specimen shall be folded around the test plate in a flat position and with optimal contact to the test plate. The *material* hanging over shall be fixed to the back of the test plate. It shall be assured that there are no air gaps between the specimen and *calorimeter* and that there is no stretching or pre-tension of the specimens.

11.4.2 Garment box test procedure

The mannequin shall be dressed with a *garment* (e.g. jacket) which fits the mannequin size. All fasteners shall be closed. The front of the *garment* shall have a close contact to the mannequin. Sleeves shall hang at the side of the mannequin and shall not protrude closer to the arc than the chest area.

11.5 Specimen description

Recorded specimen data shall include the following information:

- identification number;
- order of layering with outer layer listed first;
- *material* type (manufacturer information);
- basis weight of *material* specimen (manufacturer information and actual weight per area);

NOTE Actual weight is the mass of the specimen as tested, prepared according to 8.1.1.

- weave/knit type;
- colour;
- number of specimens tested.

12 Interpretation of results

12.1 Heat transfer

12.1.1 Determining time zero

The starting time of the arc shall be reliably determined.

12.1.2 Plotting sensor response

For each valid shot (see 9.4), the curve of the averaged temperature rise of the two *sensors* shall be determined. The average temperature rise curve of each shot of a test series shall be plotted for the total *exposure time* of 30 s.

After testing the series of the required four specimen of *material* box test procedure, four or five temperature rise curves are available.

For each shot the pair of values (*delta peak temperature* ΔT_p and *time to delta peak temperature* $t_{\max}$) shall be determined.

For each shot the heat curve $E_i(t)$ shall be calculated by multiplying the average temperature rise curve by the *sensor* constant 5,52 kJ/m² °C (or 0,132 cal/cm² °C) according to 6.2.4 for the total *exposure time* of 30 s.

12.1.3 Incident energy E_i

The *incident energy* shall be calculated by multiplying the *delta peak temperature* by the *sensor* constant 5,52 kJ/m² °C (or 0,132 cal/cm² °C) according to 6.2.4.

$$E_{i0} = 5,52 \text{ (kJ/m}^2 \text{ °C)} \times \Delta T_{p0} \text{ (°C)} \text{ or } E_{i0} = 0,132 \text{ (cal/cm}^2 \text{ °C)} \times \Delta T_{p0} \text{ (°C)}$$

$$E_{it} = 5,52 \text{ (kJ/m}^2 \text{ °C)} \times \Delta T_p \text{ (°C)} \text{ or } E_{it} = 0,132 \text{ (cal/cm}^2 \text{ °C)} \times \Delta T_p \text{ (°C)}$$

The *direct exposure incident energy* E_{i0} and the four values of the *transmitted energy* E_{it} shall be determined as well as the mean value of the four E_{it} values and their according 95 % confidence interval.

12.1.4 Sensor response versus Stoll curve

The *Stoll curve* [2] based on the total heat values according to Equation (1) shall be overlaid on the plot of the four pairs of values (calculated *incident energy* E_{it} (see 12.1.3) and *time to delta peak temperature* $t_{\max}$) as well as on the plot of the four heat curves $E_{it}(t)$ of the transmitted *incident energy* (see 12.1.2).

$$E_{i\text{STOLL}} [\text{kJ/m}^2] = 50,204 \times t^{0,2901}, [t \text{ in s}] \quad (1)$$

The differences ΔE_i (see Equation (2)) of the *transmitted energy* values E_{it} to the Stoll limit value shall be determined for each shot and test (four values).

$$\Delta E_i = E_{it}(t_{\max}) - E_{i\text{STOLL}}(t_{\max}) \quad (2)$$

12.2 Visual inspection

Observe the effect of the exposure on the fabric specimens and, after the exposed specimens have cooled, carefully remove the fabric and other layers from the panel noting any additional effects from the exposure. This may be described by one or more of the following terms which are defined in Clause 3:

- *burning time*;
- *melting*;
- *hole formation*;
- *dripping*;
- *charring*;
- *embrittlement*;
- *shrinkage*;
- functioning of accessories with the *garment*.

12.3 Test result

12.3.1 Acceptance criteria of material box test procedure

The test corresponding to a certain classification of arc conditions shall be considered as passed, if all of the criteria defined in Table 4 are met.

Table 4 – Acceptance criteria for tests on materials

Parameter	Criterion
Burning time	≤ 5 s
Melting	No melting through to the inner side
Hole formation	No hole bigger than max. 5 mm in any direction in the innermost layer
Heat flux	All four pairs of values (E_{it} , t_{max}) are below corresponding Stoll values, and all four heat curves $E_{it}(t)$ of transmitted incident energy are at any moment of time t of the exposure period below Stoll curve

Normally the heat curve of transmitted *incident energy* $E_{it}(t)$ obtained from one arc shot shows a clear maximum (at *time to delta peak temperature* t_{max}). However, there are cases, where there is a very strong increase of the heat curve at the beginning of the exposure period, and thereafter the further increase of the curve is very small.

In all arc shots it has to be checked, whether the heat curve of transmitted *incident energy* $E_{it}(t)$ is exceeding the *Stoll curve* at any moment of time t during the *exposure time* or not. In case that the *Stoll curve* has been exceeded at any moment the arc shot has to be considered as having failed.

12.3.2 Acceptance criteria of garment box test procedure

The test shall be considered as passed if

- the *material* of the *garment* has passed successfully the *material* box test according to 12.3.1,
- the *garment* submitted to the *garment* test procedure fulfills the criteria given in Table 5 for the same test class as the *material* tested,

Table 5 – Acceptance criteria for tests on garments

Parameter	Criterion
Burning time	≤ 5 s
Melting	No melting through to the inner side
Hole formation	No hole bigger than max. 5 mm in any direction in the innermost layer

- and after exposure, fasteners are functional. Accessories shall have no negative influence on the results of the burning time, *melting* and *hole formation*.

NOTE The *incident energy* is not measured because of the influence of the design of the *garment* (e.g. pockets, flaps, etc).

13 Test report

The test report shall contain at least the following information:

- name of the test institute;
- date of the test;
- number of the test standard used;
- name of the manufacturer;
- code of the tested *material* and/or *garment*;
- specimen description;
- type of pre-treatment;
- test class;
- all pairs of values [transmitted *incident energy* (E_{it}), *time to delta peak temperature* ($t_{\max}$)];
- differences ΔE_i of the *transmitted energy* values to the *Stoll* limit value at $t_{\max}$ (according to 12.1.3 Equation (2) for each shot and test);
- exceeding of the *Stoll curve* by the heat curve of the transmitted *incident energy* $E_{it}(t)$ (according to 12.1.2 in the *exposure time* (yes/no);
- visual inspection results;
- test result (passed/failed);
- photographs of the tested *material* and/or *garment* (before and after testing);
- test conditions (ambient temperature and humidity, indoor/outdoor, exposure conditions, if other conditions that the standard set of Clause 5 are used);
- deviations and abnormalities of the tests.

Annex A (informative)

Precision of the test method

Table A.1 shows the repeatability and reproducibility values for the main control and measuring parameters characterizing the precision of the test procedure that have been found in a round robin test in four test laboratories:

Table A.1 – Repeatability and reproducibility values of test procedure

Parameter	Test class	Repeatability s_r	Reproducibility s_R
W_{arc}	Class 1	3,5 kJ	5,0 kJ
	Class 2	4,0 kJ	17,1 kJ
E_{io} (calibration test)	Class 1	15,7 kJ/m ²	16,0 kJ/m ²
	Class 2	22,8 kJ/m ²	31,1 kJ/m ²
$E_{it} - E_{ISTOLL}$ (fabric test, two fabrics)	Class 1	10,2 kJ/m ²	12,0 kJ/m ²
$E_{it} - E_{ISTOLL}$ (fabric test, one fabric)	Class 2	14,5 kJ/m ²	14,5 kJ/m ²

Bibliography

IEC 60050-121:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 121: Electromagnetism*

IEC 61482-1-1, *Live working – Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc – Part 1-1: Test methods – Method 1: Determination of the arc rating (ATPV or E_{BT50}) of flame resistant materials for clothing*

IEC 61482-2, *Live working – Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc – Part 2: Requirements*

ISO 3175-2, *Textiles – Professional care, dry cleaning and wet cleaning of fabrics and garments – Part 2: Procedure for testing performance when cleaning and finishing using tetrachloroethene*

ISO 6330, *Textiles – Domestic washing and drying procedures for textile testing*

ISO 13688:2013, *Protective clothing – General requirements*

ISO 15797, *Textiles – Industrial washing and finishing procedures for testing of workwear*

Additional references

- [1] *ISSA Guideline for the selection of personal protective clothing when exposed to the thermal effects of an electric fault arc*. Editor: International Social Security Association (ISSA), Ed. 2, 2011, ISBN 978-3-937824-08-6.
- [2] STOLL, A.M. and CHIANTA, M.A., Method and Rating System for Evaluation of Thermal Protection. *Aerospace Medicine*, Vol. 40, 1968, pp. 1232-1238.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61482-1-2:2014

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	32
1 Domaine d'application	34
2 Références normatives	34
3 Termes, définitions et symboles	34
3.1 Termes et définitions	35
3.2 Symboles et unités utilisés dans le présent document.....	39
4 Principe de la méthode d'essai	39
4.1 Procédure de l'enceinte d'essai pour les matériaux.....	39
4.2 Procédure de l'enceinte d'essai pour les articles d'habillement	40
5 Signification et utilisation de la méthode d'essai	40
6 Appareillage d'essai	41
6.1 Appareillage d'essai et enceinte d'essai.....	41
6.2 Procédure de l'enceinte d'essai pour les matériaux.....	43
6.2.1 Montage de la procédure de l'enceinte d'essai pour les matériaux.....	43
6.2.2 Construction de la plaque (du panneau) d'essai.....	44
6.2.3 Construction du capteur.....	45
6.2.4 Réponse d'un capteur.....	45
6.3 Procédure de l'enceinte d'essai pour les articles d'habillement	45
6.3.1 Montage de la procédure de l'enceinte d'essai pour les articles d'habillement	45
6.3.2 Constitution d'un mannequin.....	45
6.4 Alimentation électrique et électrodes.....	46
6.4.1 Circuit d'essai.....	46
6.4.2 Commande du circuit d'essai	46
6.4.3 Électrodes	46
6.4.4 Fil fusible.....	46
6.5 Caractéristiques de l'arc d'essai électrique	47
6.6 Système de mesure et d'acquisition de données	47
7 Sécurité de l'opérateur	47
8 Préparation des éprouvettes.....	48
8.1 Description des éprouvettes d'essai.....	48
8.1.1 Éprouvettes d'essai pour la procédure de l'enceinte d'essai pour les matériaux	48
8.1.2 Éprouvettes d'essai pour la procédure de l'enceinte d'essai pour les articles d'habillement	48
8.2 Conditionnement par lavage des éprouvettes d'essai	48
8.3 Préconditionnement des éprouvettes d'essai.....	48
9 Étalonnage	48
9.1 Pré-étalonnage du système d'acquisition de données	48
9.2 Vérification de l'étalonnage du calorimètre.....	49
9.3 Étalonnage de l'exposition à l'arc.....	49
9.4 Étalonnage du circuit d'essai électrique et essais	49
9.5 Confirmation du réglage de l'appareillage d'essai	50
9.6 Préparation et conditionnement de l'enceinte.....	50
10 Précautions et entretien de l'appareillage	51
10.1 Retraitement de surface des capteurs.....	51

10.2	Entretien de la plaque d'essai et des mannequins	51
10.3	Entretien des électrodes	51
11	Procédures d'essai	51
11.1	Paramètres d'essai	51
11.2	Nombre d'essais	52
11.3	Conditions d'essais et température initiale	52
11.4	Montage de l'éprouvette	53
11.4.1	Procédure de l'enceinte d'essai pour les matériaux	53
11.4.2	Procédure de l'enceinte d'essai pour les articles d'habillement	53
11.5	Description de l'éprouvette	53
12	Interprétation des résultats	53
12.1	Transfert de chaleur	53
12.1.1	Détermination du temps zéro	53
12.1.2	Tracé de la réponse du capteur	53
12.1.3	Énergie incidente E_i	54
12.1.4	Réponse du capteur par rapport à la courbe de Stoll	54
12.2	Inspection visuelle	54
12.3	Résultats d'essai	54
12.3.1	Critères d'acceptation de la procédure de l'enceinte d'essai pour les matériaux	54
12.3.2	Critères d'acceptation de la procédure de l'enceinte d'essai pour les articles d'habillement	55
13	Rapport d'essai	55
	Annexe A (informative) Précision de la méthode d'essai	57
	Bibliographie	58
	Figure 1 – Enceinte d'essai	42
	Figure 2 – Montage d'essai	43
	Figure 3 – Plaque d'essai avec capteurs (calorimètres dans les panneaux de montage)	44
	Tableau 1 – Plage de contrôle de validité des essais de l'énergie incidente à exposition directe (plage admise d'énergies incidente à exposition directe admise)	50
	Tableau 2 – Plage de contrôle de validité des essais de l'énergie d'arc (plage admise d'énergies d'arc admise)	50
	Tableau 3 – Paramètres d'essai pour les Classes 1 et 2	52
	Tableau 4 – Critères d'acceptation pour les essais réalisés sur les matériaux	55
	Tableau 5 – Critères d'acceptation pour les essais réalisés sur les articles d'habillement	55
	Tableau A.1 – Valeurs de répétabilité et reproductibilité de la procédure d'essai	57

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVAUX SOUS TENSION – VETEMENTS DE PROTECTION CONTRE LES DANGERS THERMIQUES D'UN ARC ÉLECTRIQUE –

Partie 1-2: Méthodes d'essai – Méthode 2: Détermination de la classe de protection contre l'arc de matériaux et de vêtements au moyen d'un arc dirigé et contraint (enceinte d'essai)

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61482-1-2 a été établie par le comité d'études 78 de la CEI: Travaux sous tension.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2007. Cette édition constitue une révision technique.

Elle inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- nouvelles valeurs moyennes des paramètres de commande *énergie d'arc* et *énergie incidente* selon une base de données statistique étendue des valeurs de paramètre mesurées dans quatre laboratoires;

- réduction des plages de contrôle de validité des principaux paramètres de commande;
- détermination de l'*énergie incidente* par calcul de la moyenne de deux valeurs de *capteur* d'un essai (au lieu de considérer chaque valeur unique de *capteur*);
- détermination des courbes thermiques de l'*énergie incidente* émise et un amendement au critère d'acceptation de *flux thermique*;
- informations relatives à la précision (répétabilité et reproductibilité) de la méthode d'essai;
- clarification du domaine d'application;
- sélection des *classes de protection contre l'arc* (classes d'essai) par la quantité d'*énergie d'arc* et d'*énergie incidente* à la place du courant de court-circuit;
- permettre une conception d'électrode sans alésage;
- recommandations des *matériaux* résistants à la chaleur à utiliser pour l'enceinte et la plaque d'essai;
- clarification des conditions de nettoyage et de remplacement de l'enceinte;
- exigences d'intégration dans le rapport d'essai des différences entre les valeurs ΔE_i d'*énergie transmise* par rapport et la valeur limite de Stoll t_{max} et des informations précisant si les courbes thermiques de l'*énergie incidente* transmise dépassent la *courbe de Stoll* pendant la *durée d'exposition*;
- préconditionnement des échantillons conformément aux instructions du fabricant.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
78/1053/FDIS	78/1089/RVD

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

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

Dans cette norme, les termes définis dans l'Article 3 apparaissent en *italiques*.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61482, publiées sous le titre général *Travaux sous tension – Vêtements de protection contre les dangers thermiques d'un arc électrique*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

TRAVAUX SOUS TENSION – VÊTEMENTS DE PROTECTION CONTRE LES DANGERS THERMIQUES D'UN ARC ÉLECTRIQUE –

Partie 1-2: Méthodes d'essai – Méthode 2: Détermination de la classe de protection contre l'arc de matériaux et de vêtements au moyen d'un arc dirigé et contraint (enceinte d'essai)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61482 spécifie des procédures d'essai des *matériaux* et des *articles d'habillement* destinés à être utilisés dans les *vêtements* résistant à la chaleur et à la flamme pour les travailleurs, en cas de danger d'arc (de défaut) électrique. Dans un circuit d'essai, un *arc électrique* dirigé et contraint permet de classer les *matériaux* et les *vêtements* dans deux *classes de protection contre les arcs* définies.

Cette Norme Internationale n'est pas destinée à mesurer les valeurs de performance de l'arc (ATPV¹, ELIM² ou EBT³). Les procédures déterminant les valeurs de performance thermique de l'arc sont présentées dans l'IEC 61482-1-1. Elles utilisent un arc à l'air libre pour les essais.

D'autres effets que les effets thermiques d'un arc électrique tel que le bruit, les émissions de lumière, la montée de pression, l'huile chaude, les chocs électriques, les conséquences des chocs physiques et mentaux ou les influences toxiques ne sont pas couverts par cette norme.

Les vêtements de protection destinés au travail intentionnel avec un *arc électrique*, par exemple soudure l'arc, torche au plasma, ne sont pas couverts par cette norme.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

ISO 9151:1995, *Vêtements de protection contre la chaleur et les flammes – Détermination de la transmission de chaleur à l'exposition d'une flamme*

3 Termes, définitions et symboles

Pour les besoins du présent document, les termes, définitions et symboles suivants s'appliquent.

¹ ATPV = *valeur de performance technique à l'arc (arc thermal performance value)*.

² ELIM = *limite d'énergie incidente (incident energy limit)*.

³ EBT = *énergie de seuil à l'éventration (breakopen energy threshold)*.

3.1 Termes et définitions

3.1.1

courant d'arc

I_{arc}

courant circulant réellement dans le circuit d'essai électrique au cours de la *durée d'arc* (à travers l'arc)

Note 1 à l'article: Le *courant d'arc* est exprimé en kA rms.

Note 2 à l'article: Le *courant d'arc* circulant au cours de la *durée d'arc* fluctue en raison de l'impédance d'arc non linéaire variant de façon stochastique dans le temps.

3.1.2

durée d'arc

durée de temps de l'arc

Note 1 à l'article: La *durée d'arc* est exprimée en ms.

3.1.3

énergie d'arc

W_{arc}

énergie électrique fournie à l'arc et convertie dans l'arc

Note 1 à l'article: L'*énergie d'arc* est la somme des valeurs de *tension d'arc* instantanées multipliées par les valeurs de *courant d'arc* instantanées multipliées par les valeurs de temps incrémentielles au cours de la *durée d'arc*.

Note 2 à l'article: L'*énergie d'arc* est exprimée en kJ ou kW·s.

3.1.4

intervalle d'arc

distance entre les électrodes d'arc

Note 1 à l'article: L'*intervalle d'arc* est exprimé en mm.

3.1.5

classe de protection d'arc

catégorie de *protection thermique contre l'arc* du *matériau* et des *vêtements de protection* soumis à essai dans l'enceinte d'essai (classe 1 ou classe 2)

Note 1 à l'article: La *classe de protection d'arc* est caractérisée par le niveau de l'énergie d'essai de l'exposition à l'arc (*énergie d'arc* et *énergie incidente*).

Note 2 à l'article: Le *matériau* et le *vêtement de protection* soumis à l'essai présentent une protection thermique contre l'arc au moins jusqu'au niveau d'énergie de la classe. En règle générale, la limite d'énergie d'exposition réelle de protection offerte par le *matériau* et les *vêtements de protection* est plus élevée.

3.1.6

protection thermique contre l'arc

degré de protection thermique assuré contre les *arcs électriques* dans des conditions d'essai d'arc spécifiques

Note 1 à l'article: Pour les *matériaux*, la performance thermique contre l'arc est obtenue à partir de la mesure de l'*énergie transmise* et par l'évaluation d'autres paramètres thermiques (*temps de combustion*, *formation de trous*, *fusion*).

Note 2 à l'article: Pour les *articles d'habillement*, la performance thermique contre l'arc est obtenue par l'évaluation des paramètres thermiques (*temps de combustion*, *formation de trous*, *fusion*) et du fonctionnement des fermetures et des accessoires.

3.1.7

tension d'arc

tension aux bornes de l'arc

Note 1 à l'article: La *tension d'arc* est exprimée en V.

3.1.8

temps de combustion

temps pendant lequel une flamme est visible sur l'éprouvette d'essai après la fin de la durée de l'arc électrique

Note 1 à l'article: Le *temps de combustion* est exprimé en s.

3.1.9

calorimètre

assemblage d'un disque de cuivre avec thermocouple attaché utilisé pour mesurer le *flux thermique* et l'*énergie incidente*

3.1.10

carbonisation

formation d'un résidu charbonneux résultant d'une pyrolyse ou d'une combustion incomplète

3.1.11

vêtement

ensemble d'*articles d'habillement* porté par les travailleurs

3.1.12

température de crête delta

ΔT_p

différence entre la température maximale et la température initiale du *capteur* au cours de la *durée d'exposition* de l'essai

Note 1 à l'article: La *température de crête delta* est exprimée en °C.

Note 2 à l'article: Le symbole ΔT_p est utilisé sans indice lors des essais avec des *matériaux*; un indice supplémentaire "0" est utilisé lors des essais sans *matériau* pour l'étalonnage (ΔT_{p0}).

3.1.13

énergie incidente à exposition directe

E_{i0}

énergie thermique ou *énergie incidente* émise par l'*arc électrique* et reçue au niveau d'un *calorimètre* directement exposé à l'arc sans influence du *matériau*

Note 1 à l'article: L'*énergie incidente à exposition directe* est utilisée pour l'étalonnage.

Note 2 à l'article: L'*énergie incidente à exposition directe* est exprimée en kJ/m² ou kW·s/m² (cal/cm²)⁴.

3.1.14

égouttement

réponse du matériau mise en évidence par l'écoulement de la fibre polymère

3.1.15

arc électrique

conduction gazeuse autonome dans laquelle la plupart des porteurs de charge sont des électrons produits par émission électronique primaire

Note 1 à l'article: Au cours des travaux sous tension, l'*arc électrique* est généré par une ionisation gazeuse suite à une connexion ou un claquage accidentel(le) entre des parties actives ou entre une partie active et un circuit de terre d'une installation électrique ou d'un dispositif électrique. Au cours des essais, l'*arc électrique* est initié par le soufflement d'un fil fusible.

⁴ Corrélation: 1 cal/cm² = 41,868 kJ/m²; 1 kJ/m² = 0,023 885 cal/cm².

[SOURCE: IEC 60050-121:1998, 121-13-12, modifiée – la Note 1 à l'article a été ajoutée pour faire référence aux travaux sous tension et aux essais d'arc.]

3.1.16

fragilisation

formation d'un résidu cassant résultant d'une pyrolyse ou d'une combustion incomplète

3.1.17

durée d'exposition

intervalle de temps d'essai total de l'observation et de la mesure

Note 1 à l'article: La *durée d'exposition* est exprimée en s.

3.1.18

article d'habillement

élément du *vêtement*, pouvant se composer d'une seule ou de plusieurs couches

3.1.19

flux thermique

intensité thermique d'un *arc électrique*, indiquée par la quantité d'énergie transmise par unité de surface et de temps

Note 1 à l'article: Le *flux thermique* est exprimé en kW/m².

3.1.20

formation de trous

existence d'orifices dans le *matériau* de l'éprouvette d'essai, avec au moins 5 mm dans toutes les directions

3.1.21

allumage

début d'inflammation et de combustion

3.1.22

énergie incidente

E_i

énergie thermique (chaleur totale) reçue par unité de surface par suite d'un arc électrique

Note 1 à l'article: L'*énergie incidente* est mesurée comme une augmentation de la température de crête proportionnelle ΔT_p d'un capteur de calorimètre.

Note 2 à l'article: L'*énergie incidente* est exprimée en kJ/m² ou kW·s/m² (cal/cm²).

3.1.23

matériau

tissu ou autres substances avec lequel (lesquelles) est fait l'*article d'habillement*

Note 1 à l'article: Le *matériau* peut se composer d'une seule ou de plusieurs couches.

3.1.24

réponse de matériau

réaction du *matériau* à un *arc électrique* caractérisée par le *temps de combustion* (flamme persistante), l'*allumage*, la *formation de trous*, la *fusion*, l'*égouttement*, la *carbonisation*, la *fragilisation*, le *rétrécissement* et l'*énergie transmise*

3.1.25

fusion

réponse du matériau mise en évidence par le ramollissement et la déformation

Note 1 à l'article: Les *matériaux* qui fondent sont normalement des polymères.

3.1.26**courant de court-circuit présumé**

courant prévu circulant lorsque les électrodes d'arc sont connectées par un conducteur d'impédance négligeable (court-circuit de l'alimentation)

Note 1 à l'article: Le *courant de court-circuit présumé* est exprimé en kA rms.

Note 2 à l'article: Il y a en général une différence entre le *courant d'arc* réel I_{arc} et le *courant d'essai* I_{classe} tel que défini. Le *courant d'arc* réel circulant au cours de la *durée d'arc* est inférieur et fluctue en raison de l'impédance d'arc non linéaire variant de façon stochastique dans le temps. Des conditions d'essai reproductibles ne peuvent être définies qu'au moyen du *courant de court-circuit présumé* à prévoir en cas d'électrodes d'arc connectées à impédance nulle. Ce *courant de court-circuit présumé* est également un paramètre qui décrit les points intéressants en pratique dans les systèmes électriques ou les installations dans lesquels l'exposition à l'arc doit être prise en compte.

3.1.27**vêtement de protection**

vêtement recouvrant ou remplaçant le *vêtement* personnel et conçu pour protéger contre un ou plusieurs dangers

[SOURCE: ISO 13688:2013, 3.5, modifiée – la définition a été modifiée pour la clarifier en enlevant le terme peu claire "protecteurs"]

3.1.28**capteur**

ensemble constitué d'un *calorimètre* et d'un matériau non conducteur et résistant à la chaleur, dans lequel le *calorimètre* est encastré

3.1.29**rétrécissement**

réponse du matériau mise en évidence par la réduction de la taille de l'éprouvette

3.1.30**courbe de Stoll**

modèle empirique de blessure cutanée par brûlure au second degré prévue définissant la relation entre la quantité d'énergie thermique transférée vers les tissus humains et la durée d'exposition

3.1.31**courant d'essai**

I_{classe}
courant de court-circuit présumé du circuit d'essai électrique (courant prévu)

Note 1 à l'article: Le *courant d'essai* est exprimé en kA efficace (composante alternative symétrique).

3.1.32**tension d'essai**

tension c.a. à vide de la source du circuit d'essai à 50 Hz ou 60 Hz

Note 1 à l'article: La *tension d'essai* est exprimée en V efficace.

3.1.33**durée jusqu'à la température de crête delta**

t_{max}
durée à partir du commencement de l'amorçage de l'arc jusqu'au moment où est atteinte la *température de crête delta*

Note 1 à l'article: La *durée jusqu'à la température de crête delta* est exprimée en s.

3.1.34**énergie transmise** E_{it}

énergie incidente reçue au niveau d'un calorimètre lors de l'essai de *matériaux* ou de *vêtements*

Note 1 à l'article: L'énergie transmise est la fraction de l'énergie incidente émise qui est transmise à travers l'éprouvette.

Note 2 à l'article: L'énergie transmise est exprimée en kJ/m² ou kW·s/m² (cal/cm²).

3.1.35**rapport X/R**

rapport de la réactance inductive du système à la résistance

Note 1 à l'article: Le rapport X/R est proportionnel au rapport L/R de la constante de temps et indique par conséquent le taux de décroissance de tout décalage en courant continu. Un rapport X/R élevé correspond à une constante de temps élevée et à un taux lent de décroissance.

3.2 Symboles et unités utilisés dans le présent document

E_i	énergie incidente	kJ/m ² ou kW·s/m ² (cal/cm ²) 1 cal/cm ² = 41,868 kJ/m ² ; 1 kJ/m ² = 0,023885 cal/cm ²
E_{i0}	énergie incidente à exposition directe	kJ/m ² ou kW·s/m ² (cal/cm ²)
E_{it}	énergie transmise	kJ/m ² ou kW·s/m ² (cal/cm ²)
I_{arc}	courant d'arc	kA
I_{classe}	courant d'essai (courant de court-circuit présumé)	kA
t_{max}	durée jusqu'à la température de crête delta	s
T_a	température ambiante	°C
T_0	température initiale du capteur	°C
W_{arc}	énergie d'arc	kJ, kW·s
ΔT_p	température de crête delta	°C
ΔT_{p0}	température de crête delta par étalonnage	°C

4 Principe de la méthode d'essai**4.1 Procédure de l'enceinte d'essai pour les matériaux**

La méthode de l'enceinte d'essai est composée de deux procédures: la procédure de l'enceinte d'essai pour les *matériaux* et la procédure de l'enceinte d'essai pour les *articles d'habillement*.

La procédure de l'enceinte d'essai pour les *matériaux* couverte par la présente norme détermine le comportement des *matériaux* lorsqu'ils sont exposés à l'énergie thermique provenant d'*arcs électriques* avec des caractéristiques spécifiques.

Avec la procédure de l'enceinte d'essai pour les *matériaux*, la quantité d'énergie thermique transférée par le ou les *matériau(x)* plat(s) est mesurée pendant et après l'exposition à un *arc électrique* spécifié.

La performance du *matériau* dans le cadre de cette procédure est déterminée à partir de la quantité de chaleur transmise à travers la ou les éprouvette(s) et d'autres paramètres thermiques.

Le *flux thermique* de l'exposition pendant la décharge de calibration et le *flux thermique* transféré par la ou les éprouvette(s) d'essai pendant une décharge d'essai sont mesurés avec des *calorimètres* de cuivre. Le degré auquel la température des *calorimètres* augmente représente une mesure directe de l'énergie thermique reçue.

Les données de transfert de chaleur sont utilisées pour évaluer l'occurrence d'une brûlure au second degré en utilisant la *courbe de Stoll*.

La *réponse du matériau* doit faire l'objet d'une description supplémentaire en enregistrant les effets observés de l'exposition des éprouvettes à l'*arc électrique*.

4.2 Procédure de l'enceinte d'essai pour les articles d'habillement

La procédure de l'enceinte d'essai pour les *articles d'habillement* couverte par la présente norme détermine le comportement des *articles d'habillement* lorsqu'ils sont exposés à l'énergie thermique provenant d'*arcs électriques* avec des caractéristiques spécifiques.

La performance des *articles d'habillement* dans le cadre de cette procédure est déterminée en évaluant la fonction des *vêtements de protection* après une exposition à un *arc électrique* spécifié, y compris toutes les fournitures de confection, le fil de couture, les fermetures et les autres accessoires des *articles d'habillement*.

Avec la procédure de l'enceinte d'essai pour les *articles d'habillement*, aucun *flux thermique* n'est mesuré.

5 Signification et utilisation de la méthode d'essai

Cette méthode d'essai est pour tester des *matériaux* et des *articles d'habillement* de *vêtements de protection* utilisés pour les travaux électrotechniques, s'il existe un risque d'*arc électrique*.

La méthode d'essai permet d'évaluer les performances thermiques des *matériaux* soumis à l'*arc* (procédure de l'enceinte d'essai pour les matériaux) et des *articles d'habillement* (procédure de l'enceinte d'essai pour les articles d'habillement) en termes de niveau énergétique de la classe de protection sélectionnée. Le niveau énergétique de la classe de protection est représenté par le niveau de l'*énergie d'arc* et le niveau correspondant de l'*énergie incidente à exposition directe* selon les conditions d'essai.

NOTE 1 Il y a deux classes de protection. La classe 1 correspond à un niveau de protection de base, la classe 2 à une protection accrue.

NOTE 2 Dans la pratique, les niveaux d'*énergie d'arc* peuvent être parfois plus élevés. En procédant à une évaluation des risques de "coup d'arc", l'*énergie d'arc* potentielle d'un "coup d'arc" est déterminée pour les conditions de matériel et de réseau spécifiques.

NOTE 3 La présente norme est pour les besoins de l'essai. Les lignes directrices pour la sélection des *vêtements de protection* corrects sont disponibles dans l'IEC 61482-2 et dans l'ISSA Guideline [1]⁵. De plus, le TC78 a réalisé un travail préliminaire sur un rapport technique de manière à corréliser les résultats de la méthode d'essai d'*arc* avec les applications électrotechniques afin de sélectionner le bon équipement de protection contre l'*arc électrique*.

NOTE 4 Le travail se poursuit par l'évaluation des expositions à des énergies plus élevées.

Avec le montage d'essai (enceinte d'essai), les *matériaux* et *articles d'habillement* peuvent être évalués en se basant sur l'utilisation d'un *arc électrique* dirigé et contraint dans des conditions de laboratoire définies. Un scénario pratique est choisi, concernant le montage d'essai et les conditions d'essai, ainsi que les paramètres électriques et de construction.

⁵ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

Le transfert d'énergie thermique et l'impact de l'arc d'essai sont dus au rayonnement, à la convection par le plasma chaud et le nuage de gaz, le contact direct avec le nuage de plasma ou l'une de ses parties, et les particules et éclaboussures métalliques fondues chaudes.

Le montage de l'enceinte d'essai est introduit pour satisfaire aux conditions de défaut d'arc classiques, et en particulier pour couvrir les conditions réelles d'exposition à l'arc dans les appareillages électriques, essentiellement dans les équipements compacts ouverts, comme par exemple les boîtes de raccordement, les armoires de câbles de distribution, les postes de distribution ou des installations comparables dans lesquels l'*arc électrique* est dirigé en face d'un travailleur à hauteur de son sternum.

NOTE 5 La configuration du montage d'essai indiquée dans la présente norme donne lieu à une transmission de chaleur élevée. D'autres conditions d'exposition (conditions d'arc ouvertes à électrodes verticales, par exemple) sont également concernées par le montage d'essai.

Le montage d'essai maintient l'éprouvette dans une position statique verticale et n'implique aucun mouvement, outre ceux résultant de l'exposition.

La méthode d'essai spécifie un ensemble normalisé de conditions d'exposition. Différentes conditions d'exposition peuvent entraîner des résultats plus ou moins sévères. Outre l'ensemble normalisé de conditions d'exposition, d'autres conditions représentatives du danger attendu peuvent être utilisées.

6 Appareillage d'essai

6.1 Appareillage d'essai et enceinte d'essai

L'appareillage d'essai doit être constitué des éléments suivants:

- enceinte d'essai pour les deux procédures;
- plaque d'essai à deux *capteurs* pour la procédure de l'enceinte d'essai pour les *matériaux*;
- mannequin pour la procédure de l'enceinte d'essai pour les *articles d'habillement*;
- alimentation électrique et configuration des électrodes;
- enregistreur;
- système d'acquisition de données.

La disposition de l'enceinte d'essai (identique pour les deux procédures) est présentée à la Figure 1.

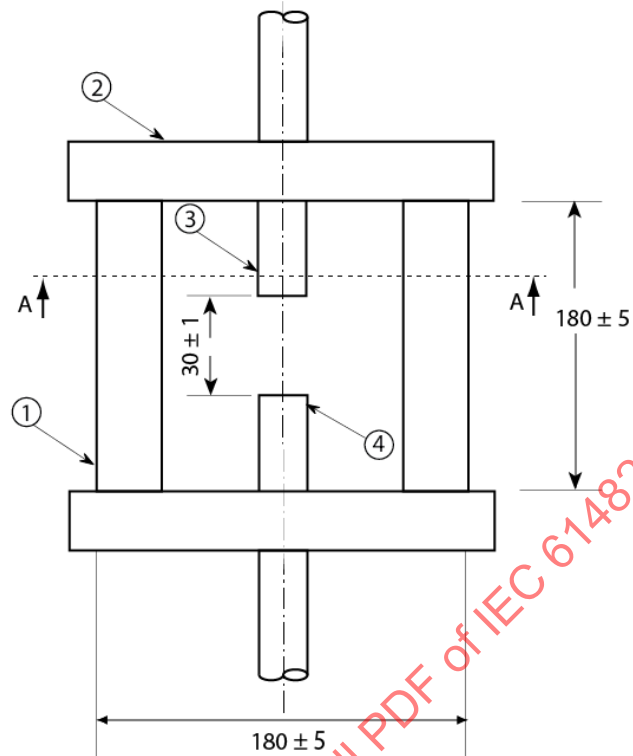
L'enceinte d'essai doit être composée d'un matériau non conducteur d'un point de vue électrique et thermique et résistant à la chaleur.

Si du plâtre est utilisé, un matériau en plâtre donnant une surface lisse et rigide doit être utilisé.

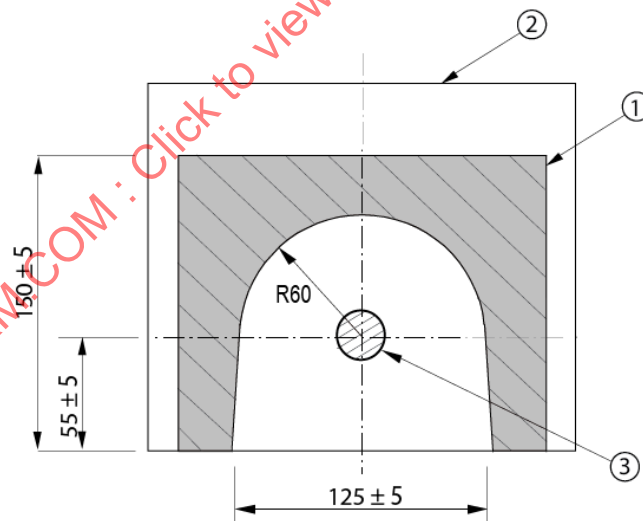
NOTE Parmi d'autres, l'utilisation de mélange à mouler KeraquickTM⁶, qui est une poudre céramique destinée aux moulages en relief, a présenté des résultats pertinents.

⁶ KeraquickTM est l'appellation commerciale d'un produit distribué par KnorrPrandell GmbH, 96215 Lichtenfels, Allemagne. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente norme et ne signifie nullement que l'IEC approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné. Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il est démontré qu'ils conduisent aux mêmes résultats.

Dimensions en millimètres



Vue avant



Profil de coupe A

Légende

- 1 enceinte, matériau non conducteur résistant à la chaleur (plâtre, par exemple)
- 2 plaque isolante, épaisseur > 15
- 3 électrodes $\varnothing 25 \pm 0,1$ (aluminium)
- 4 électrodes $\varnothing 25 \pm 0,1$ (cuivre)

Figure 1 – Enceinte d'essai

6.2 Procédure de l'enceinte d'essai pour les matériaux

6.2.1 Montage de la procédure de l'enceinte d'essai pour les matériaux

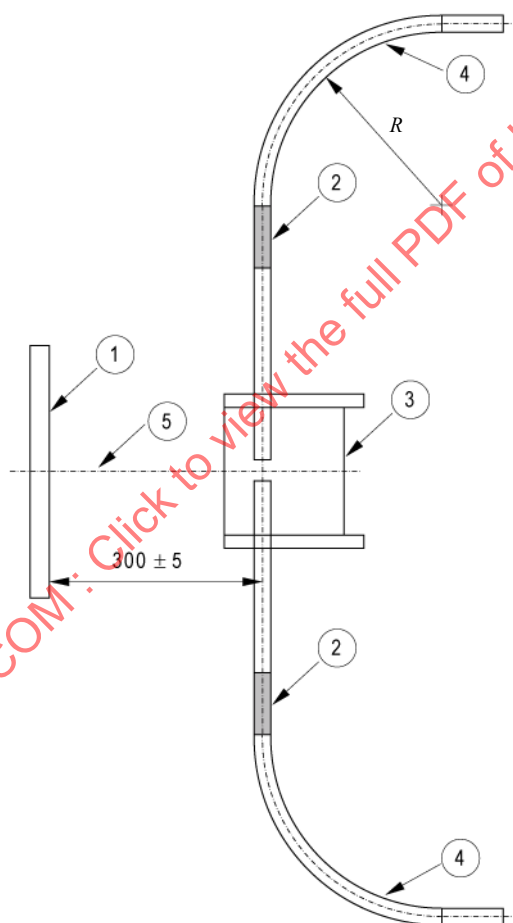
La procédure de l'enceinte d'essai pour les *matériaux* permet de mesurer et de déterminer la *réponse* du *matériau* à une exposition à l'arc lorsqu'il est testé en configuration plane. Une mesure quantitative de la performance thermique à l'arc est effectuée au moyen du *flux thermique* ou de l'énergie transmise à travers le *matériau*.

Le montage est représenté à la Figure 2.

La distance entre l'électrode (axe) et la plaque d'essai (surface) doit être de $300 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$.

L'intervalle entre les électrodes doit être de $30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ (*intervalle d'arc*).

Dimensions en millimètres



IEC

Légende

- 1 plaque d'essai avec éprouvette (400×400 , épaisseur > 10) ou mannequin d'essai (torse)
- 2 connecteur de câble
- 3 enceinte d'essai
- 4 câble de connexion ($R > 1\,000$)
- 5 axe horizontal

Figure 2 – Montage d'essai

6.2.2 Construction de la plaque (du panneau) d'essai

La construction de la plaque d'essai est représentée à la Figure 3.

La plaque d'essai doit être composée d'un matériau résistant à la chaleur non conducteur (Marinite A, Monolux 500, plaque d'amiante-ciment sans amiante, isolant de four, résine phénolique PF CP 201TM 7).

Taille: $(400 \pm 10) \text{ mm} \times (400 \pm 10) \text{ mm}$

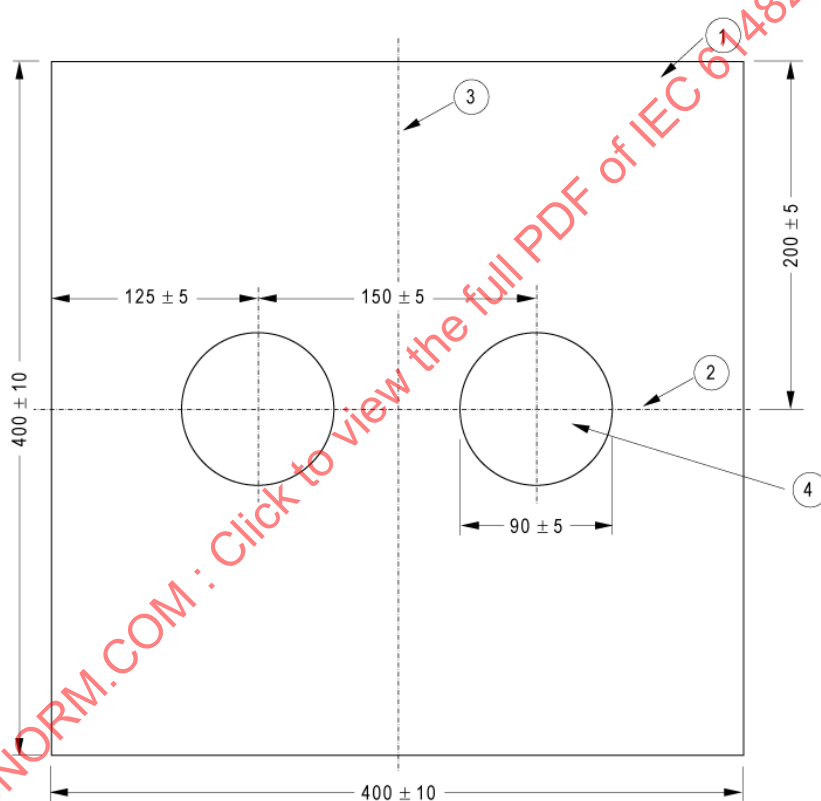
Épaisseur: minimum 10 mm

Capteurs: *capteur* avec des *calorimètres* conformément à 5.2 de l'ISO 9151:1995, avec des thermocouples de type T

nombre: 2

configuration: dans la plaque d'essai, voir Figure 3.

Dimensions en millimètres



Légende

- 1 plaque d'essai (voir également Figure 2)
- 2 axe horizontal
- 3 axe parallèle à l'axe de l'arc
- 4 capteur (calorimètre dans le panneau de montage)

**Figure 3 – Plaque d'essai avec capteurs
(calorimètres dans les panneaux de montage)**

⁷ Marinite A, Monolux 500 et résine phénolique PF CP 201TM sont des exemples de produits appropriés disponibles sur le marché. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente norme et ne signifie nullement que l'IEC approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné. Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il est démontré qu'ils conduisent aux mêmes résultats.

6.2.3 Construction du capteur

Le *capteur* est composé d'un *calorimètre* intégré dans un panneau isolant. Le diamètre du *capteur* est de $90 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ (voir Figure 3). Le *calorimètre* est composé d'un disque de cuivre de $18 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ et $40 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ de diamètre, d'une épaisseur de $1,6 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$, d'une pureté d'au moins 99 % et d'un thermocouple cuivre/constantan de type T. Le disque doit être précisément pesé avant l'assemblage. Le *calorimètre* doit être construit à partir d'un cuivre de qualité.

Le thermocouple à fil de cuivre/constantan (type T conformément à l'IEC 60584-1) doit être monté avec le fil de constantan au centre du disque de cuivre, le fil de cuivre se trouvant à n'importe quelle distance à l'extérieur du centre du disque. Le disque du *calorimètre* doit être intégré à un panneau isolant. Il doit être monté à fleur de surface du panneau de montage. La surface du disque de cuivre destinée à recevoir de la chaleur doit être recouverte d'une fine couche de peinture haute température noire optique présentant une émissivité $> 0,9$.

6.2.4 Réponse d'un capteur

La conversion de la réponse du *capteur* sous forme d'échauffement en $^{\circ}\text{C}$ en énergie thermique (*énergie incidente*) en unités de kJ/m^2 doit être réalisée en multipliant les valeurs du delta de température par le facteur constant $5,52 \text{ kJ/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

NOTE 1 Le facteur constant (constante du *capteur*) repose sur une valeur moyenne de capacité thermique du cuivre C_p égale à $0,385 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$ ($80 \text{ }^{\circ}\text{C}$) dans la plage de températures soumise à essai, multipliée par la masse de la plaque en cuivre du calorimètre de 18 g (résultant du diamètre de 40 mm et d'une épaisseur de $1,6 \text{ mm}$) et divisée par la section transversale de la plaque de $12,56 \text{ cm}^2$.

NOTE 2 Un autre moyen de tenir compte de la dépendance de la température de la capacité thermique du cuivre C_p consiste à utiliser la correction décrite dans l'IEC 61482-1-1.

6.3 Procédure de l'enceinte d'essai pour les articles d'habillement

6.3.1 Montage de la procédure de l'enceinte d'essai pour les articles d'habillement

En lieu et place des panneaux plats, un torse de mannequin doit être utilisé pour la procédure de l'enceinte d'essai pour les *articles d'habillement*. La procédure est utilisée pour soumettre aux essais la fonction des *vêtements de protection* après une exposition à l'arc, y compris les fournitures de confection, le fil de couture, les fermetures et les autres accessoires d'*article d'habillement*.

Le montage est représenté à la Figure 2.

En lieu et place de la plaque d'essai plane, un torse de mannequin doit être installé.

Le mannequin d'essai doit être positionné de manière à aligner le point milieu de la zone du sternum horizontalement et verticalement à l'intervalle inter-électrodes.

La distance entre l'électrode (axe) et le torse de mannequin (surface) doit être de $300 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$.

6.3.2 Constitution d'un mannequin

Un mannequin d'essai en *matériau* ininflammable et non métallique doit être utilisé pour l'essai réalisé sur les *articles d'habillement*.

Pour l'essai des *articles d'habillement* consacrés à la partie inférieure du corps un mannequin constitué de hanche et de jambes peut être utilisé. Positionnez le centre de l'intervalle inter-électrodes à la hauteur du périnée.

Les parties des *articles d'habillement* qui sont d'intérêt peuvent être aussi testées sur la plaque d'essai en position plane.

Le mannequin d'essai doit être installé de manière à rester en position pendant la durée de l'arc électrique.

6.4 Alimentation électrique et électrodes

6.4.1 Circuit d'essai

L'alimentation électrique doit pouvoir fournir une tension de source c.a. et un courant de court-circuit (composante alternative symétrique) quasiment constants au cours d'un intervalle de temps, conformément à la *durée d'arc*. Des fréquences de 50 Hz et de 60 Hz en courant alternatif sont autorisées.

Le circuit d'essai doit être réglé de sorte qu'une tension conforme à la *tension d'essai* apparaisse dans des conditions de circuit ouvert, et qu'un courant conforme au *courant d'essai* puisse circuler si les électrodes étaient connectées avec une impédance nulle (court-circuit). Les essais d'arc doivent être effectués pour ce réglage.

6.4.2 Commande du circuit d'essai

La *tension d'essai* et le *courant d'essai* doivent être vérifiés par des mesures. Le *courant d'essai* (*courant de court-circuit présumé*) doit être enregistré sous forme d'un oscillogramme des valeurs instantanées. Un graphique doit être tracé.

NOTE 1 De fréquentes mesures de vérification réalisées avant et/ou après une série d'essais d'arc sont judicieuses. Une liaison de mise en court-circuit d'électrode de dimensions suffisantes est nécessaire pour les essais de court-circuit.

La fermeture et l'interruption du circuit d'essai électrique doivent être effectuées par des disjoncteurs qui doivent être commandés en fonction de la *durée d'arc*.

Il convient que le *rapport X/R* soit compris entre 1 et 5.

NOTE 2 Il n'existe aucune exigence particulière concernant la fermeture du circuit (phase par rapport à l'onde sinusoïdale du courant) et l'angle d'impédance ou le rapport *X/R* de l'impédance de source. La fermeture du circuit d'essai au point de passage à zéro de la tension en circuit ouvert du circuit d'essai donne lieu à un courant de crête maximal.

6.4.3 Électrodes

Les deux électrodes doivent être constituées de tiges d'un diamètre égal à $25 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. Les électrodes peuvent être composées d'alésages d'un diamètre de $14 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ et d'une profondeur de $20 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ ou ne comporter aucun alésage.

L'électrode supérieure doit être en aluminium sans alliage d'une pureté d'au moins 99,5 %.

L'électrode inférieure doit être en cuivre électrolytique d'une pureté d'au moins 99,5 %.

L'extrémité de l'électrode doit être coupée droite dans le sens perpendiculaire à l'axe de l'électrode.

NOTE Les électrodes dotées d'alésages (telles qu'exigées dans l'édition 1 de la norme) présentent une bonne stabilité à l'arc d'essai. Mais les électrodes dotées d'alésages ou sans alésage donnent des résultats équivalents, comme le montrent les essais de comparaison.

6.4.4 Fil fusible

Un fil fusible, raccordant les extrémités des pointes d'électrodes opposées, doit être utilisé pour amorcer l'arc. Ce fil est consommé pendant l'essai; par conséquent, sa masse doit être

très réduite pour diminuer le risque de brûlures avec du métal en fusion. Ce fil fusible doit être un fil de cuivre d'un diamètre nominal de 0,5 mm au maximum.

6.5 Caractéristiques de l'arc d'essai électrique

Les caractéristiques de l'arc d'essai électrique sont définies par les paramètres suivants:

Tension d'essai:	400 V c.a. $\pm 5\%$
Courant d'essai I_{class} pour la classe 1:	4 kA $\pm 5\%$
Courant d'essai I_{class} pour la classe 2:	7 kA $\pm 5\%$
Durée d'arc:	500 ms $\pm 5\%$
Fréquence:	(50 $\pm$ 0,1) Hz ou (60 $\pm$ 0,12) Hz

Ces paramètres doivent être ajustés pendant la calibration et les mêmes paramètres doivent être utilisés dans chaque essai d'une série. La *tension d'arc* et le *courant d'arc* réels doivent être enregistrés au cours de la *durée d'arc* dans chaque essai.

6.6 Système de mesure et d'acquisition de données

Le système doit pouvoir enregistrer simultanément le courant et la tension du circuit d'essai.

Le taux d'échantillonnage doit être d'au moins 5 kHz.

Le *courant d'arc* réel et la tension doivent être mesurés dans chaque essai d'arc. Leurs graphiques doivent être tracés dans le protocole.

Outre la tension et le courant, les deux sorties de *calorimètre* doivent être enregistrées (procédure de l'enceinte d'essai pour les *matériaux*). Les données de température doivent être acquises à un taux d'échantillonnage minimal de 50 ms par voie pendant 30 s. Le système d'acquisition de température doit présenter une résolution d'au moins 0,1 °C.

7 Sécurité de l'opérateur

L'appareillage d'essai et les arcs d'essai déchargent de grandes quantités d'énergie.

Les dangers suivants peuvent se produire, sans que cela ne soit limitatif:

- lumière très intense
- contact avec du métal en fusion et vaporisé
- pression acoustique extrême
- produits de la combustion, fumée et émanations
- l'appareillage d'essai, les électrodes et l'ensemble *calorimètre* deviennent chauds au cours de l'essai
- risque de feu dû à des éprouvettes allumées ou aux gaz de combustion
- risque d'électrocution lors du retraitement ou des modifications, etc.

La sécurité des personnes doit être garantie conformément à la législation nationale.

NOTE 1 Des barrières de protection ou une distance de sécurité peuvent être utilisées pour éviter les électrocutions et les contacts avec le métal en fusion ou vaporisé. Des verres très teintés peuvent permettre de protéger les yeux au cours de l'essai. Si les essais sont réalisés en intérieur, les produits de combustion, les fumées et les émanations sont évacués par ventilation après les essais et avant d'entrer dans la zone.

NOTE 2 Des dispositifs de protection respiratoires (des dispositifs de filtration à servocommande avec capuchon ou un masque total et un filtre approprié qui peut protéger le personnel d'essai, par exemple) peuvent être utilisés