

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Test methods for electrical materials, circuit boards and other interconnection structures and assemblies –

Part 2-809: X/Y coefficient of thermal expansion (CTE) test for thick base materials by TMA

Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les circuits imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles –

Partie 2-809: Essai du coefficient de dilatation thermique (CTE) X/Y pour matériaux de base épais à l'aide d'un analyseur thermomécanique (TMA)



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 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 Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 once a month by email.

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: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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 une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Test methods for electrical materials, circuit boards and other interconnection structures and assemblies –

Part 2-809: X/Y coefficient of thermal expansion (CTE) test for thick base materials by TMA

Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les circuits imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles –

Partie 2-809: Essai du coefficient de dilatation thermique (CTE) X/Y pour matériaux de base épais à l'aide d'un analyseur thermomécanique (TMA)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.180

ISBN 978-2-8327-0054-9

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.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Test specimens	5
5 Test apparatus	6
6 Test procedure	6
7 Calculations.....	7
8 Report	8
Bibliography.....	9
Figure 1 – Diagram of sample direction.....	6
Figure 2 – Specimen size versus temperature.....	8

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61189-2-809:2024

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST METHODS FOR ELECTRICAL MATERIALS, CIRCUIT BOARDS AND
OTHER INTERCONNECTION STRUCTURES AND ASSEMBLIES –****Part 2-809: X/Y coefficient of thermal expansion (CTE) test
for thick base materials by TMA**

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 61189-2-809 has been prepared by IEC technical committee 91: Electronics assembly technology. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
91/1983/FDIS	91/1994/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts in the IEC 61189 series, published under the general title *Test methods for electrical materials, circuit boards and other interconnection structures and assemblies*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

TEST METHODS FOR ELECTRICAL MATERIALS, CIRCUIT BOARDS AND OTHER INTERCONNECTION STRUCTURES AND ASSEMBLIES –

Part 2-809: X/Y coefficient of thermal expansion (CTE) test for thick base materials by TMA

1 Scope

This part of IEC 61189 defines the method to be followed for the determination of the X/Y coefficient of thermal expansion of electrical insulating materials by the use of a thermomechanical analyser (TMA).

This method is applicable to materials that are solid of the entire range of temperature used and retain sufficient hardness and rigidity over the temperature range so that irreversible indentation of the specimen by the sensing probe does not occur.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60194-1, *Printed boards design, manufacture and assembly – Vocabulary – Part 1: Common usage in printed board and electronic assembly technologies*

IEC 60194-2, *Printed boards design, manufacture and assembly – Vocabulary – Part 2: Common usage in electronic technologies as well as printed board and electronic assembly technologies*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60194-1 and IEC 60194-2 apply.

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

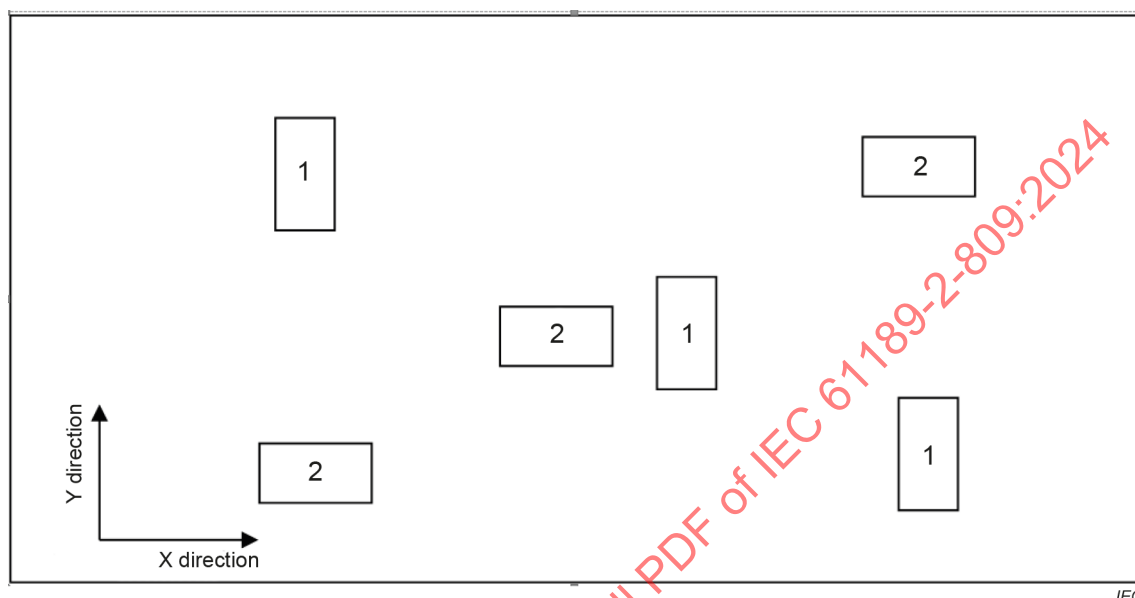
4 Test specimens

4.1 The test specimens shall be between 0,5 mm to 7,5 mm thick. This thickness may be "as received" or may be laminated by the user from pre-impregnated "B" stage material. If laminated by the user, the user shall be responsible for the layup and curing parameters used for quality acceptance by the manufacturer.

NOTE The repeatability of the test results will vary by the factors, such as layup used, the resin to glass ratio and the ultimate cure of the laminated stack, etc.

4.2 The test specimens shall be between 5 mm to 12 mm in length and between 5 mm to 10 mm in width. The width of the specimen shall be less than the length.

4.3 Unless otherwise specified, three specimens shall be prepared in both warp and weft direction of the glass fibre from the same piece of material, and mark with "X" or "Y" directions, as shown in Figure 1. The "X" direction is the fill (weft) of the woven fibre and the "Y" direction is the machine direction (warp) of the woven fibre.



NOTE Sample 1 is CTE sample in "X" direction, the width direction of the sample is the "X" direction; Sample 2 is CTE sample in "Y" direction, the width direction of the sample is the "Y" direction.

Figure 1 – Diagram of sample direction

4.4 Opposing sides of the test specimens shall be parallel, and surfaces shall be polished with sandpaper to remove debris and protruding fibres (e.g. 600 grit sandpaper). After that then be cleaned using isopropyl alcohol and dried for 1 hour at $110\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

NOTE The one-hour prebake can be eliminated if condition [see Clause 6 item a)] is performed immediately after final polish.

5 Test apparatus

The test apparatus is composed of the following elements:

- thermomechanical analyzer (TMA) capable of determination of dimensional change to within 0,001 mm over the specified temperature range;
- circulating air oven capable of maintaining $110\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$;
- dessicator or low humidity drying cabinet capable of maintaining an atmosphere less than 30 % relative humidity at $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

6 Test procedure

The test procedure is as follows:

- a) Immerse the specimen in isopropyl alcohol with agitation for 20 seconds, and then dried for $1\text{ hour} \pm 10\text{ minutes}$ at $110\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ in oven. After removal from the oven, the specimen shall be cooled for 40 minutes in desiccator or drying cabinet before testing.
- b) Calibrate the TMA instrument in accordance with the manufacturer's instructions.

- c) Test the CTE of "X" direction, measure the initial width of the specimen which marked with "X" direction, recorded as H.
- d) Place the specimen on the stage of the TMA, the width direction of the test sample should always be perpendicular to the test sample placement platform. The specimen should be centred and rest flat on the stage. The thermocouple wire should be in contact with the specimen or as near to the specimen as possible.
- e) Place weights on the sensing probe and lower the TMA probe to ensure that the probe is in contact with the specimen with a 0,04 N to 0,10 N load.
- f) Heat the specimen at the rate of $5 \pm 0,5$ °C/min to a temperature which is 10 °C greater than the required temperature range. The testing temperature range shall be specified by the user so that the manufacturer and the user can test under the same temperature range. The repeatability can be unacceptable if tested over different temperature ranges. The general test temperature range is 30 °C to 260 °C.
- g) Record the dimensional change of the specimen with an appropriate range on X-Y recorder, recorded as ΔH .
- h) Three specimens at least should be tested of the same material. Retest of a specimen may only be used as reference and shall not be treated as an independent test of a new specimen.
- i) Repeat the procedure described in items a) to h) to test the CTE of "Y" direction using the specimens marked with "Y".

7 Calculations

Calculate the coefficient of thermal expansion over the temperature interval of the three specimens according to the following formula:

$$\alpha = \frac{\Delta H}{H \times \Delta T} \times 10^6$$

where

α is the coefficient of thermal expansion, in $\mu\text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$;

ΔH is dimensional change of the specimen over the temperature interval (see Figure 2), in mm;

H is the initial width of the specimen, in mm;

ΔT is the temperature interval (see Figure 1), in °C.

NOTE In most of the modern TMA instruments, the calculations are handled by the system software.

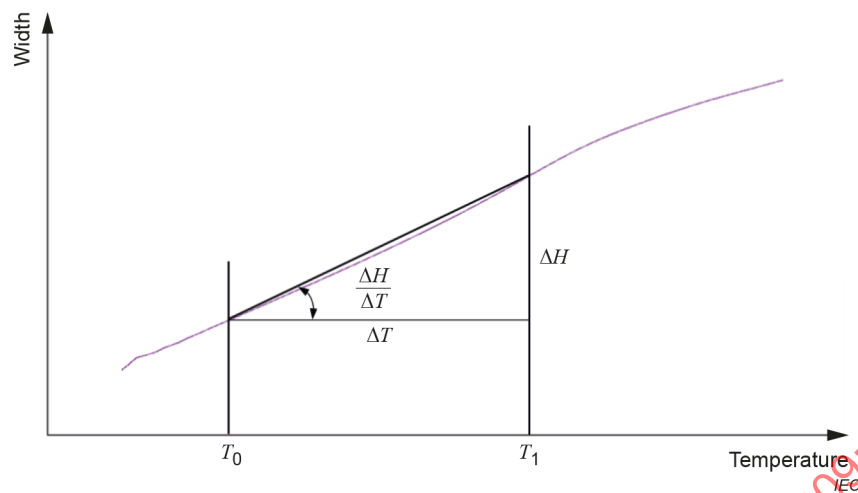


Figure 2 – Specimen size versus temperature

8 Report

The report shall include:

- the test method number and revision level;
- the identification and description of the material tested;
- the initial width of the specimen;
- the room temperature and the relative humidity under which the test was conducted;
- the date of the test;
- the temperature ramp up rate;
- the calculated average "X" coefficient of expansion for three specimens;
- the calculated average "Y" coefficient of expansion for three specimens;
- any deviation from the test method;
- the name of the person conducting the test.

Bibliography

ASTM E831-19, *Standard Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials by Thermomechanical Analysis*

IPC-TM-650 Method 2.4.41, *Coefficient of Linear Thermal Expansion of Electrical Insulating Materials*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61189-2-809:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	11
1 Domaine d'application	13
2 Références normatives	13
3 Termes et définitions	13
4 Éprouvettes d'essai	13
5 Appareillage d'essai	14
6 Procédure d'essai	15
7 Calculs	15
8 Rapport	16
Bibliographie.....	17
Figure 1 – Schéma de la direction des échantillons.....	14
Figure 2 – Taille de l'éprouvette en fonction de la température	16

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61189-2-809:2024

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX ÉLECTRIQUES,
LES CIRCUITS IMPRIMÉS ET AUTRES STRUCTURES
D'INTERCONNEXION ET ENSEMBLES –****Partie 2-809: Essai du coefficient de dilatation thermique (CTE) X/Y pour
matériaux de base épais à l'aide d'un analyseur thermomécanique (TMA)**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'a pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de l'identification de ces droits de brevet.

La Norme internationale IEC 61189-2-809 a été établie par le comité d'études 91 de l'IEC: Techniques d'assemblage des composants électroniques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
91/1983/FDIS	91/1994/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61189, publiées sous le titre général *Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les circuits imprimés et autres structures d'interconnexion et ensembles* se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

MÉTHODES D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX ÉLECTRIQUES, LES CIRCUITS IMPRIMÉS ET AUTRES STRUCTURES D'INTERCONNEXION ET ENSEMBLES –

Partie 2-809: Essai du coefficient de dilatation thermique (CTE) X/Y pour matériaux de base épais à l'aide d'un analyseur thermomécanique (TMA)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61189 définit la méthode à suivre en vue de déterminer le coefficient de dilatation thermique (CTE, *coefficient of thermal expansion*) X/Y des matériaux isolants électriques à l'aide d'un analyseur thermomécanique (TMA, *thermomechanical analyser*).

La présente méthode est applicable aux matériaux qui sont solides dans toute la plage de températures utilisée, et qui conservent une dureté et une rigidité suffisantes sur la plage de températures, de telle sorte qu'une indentation irréversible de l'éprouvette par la sonde de détection ne se produise pas.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60194-1, *Conception, fabrication et assemblage des cartes imprimées – Vocabulaire – Partie 1: Usage commun des techniques d'assemblage des composants électroniques et des cartes imprimées*

IEC 60194-2, *Printed boards design, manufacture and assembly – Vocabulary – Part 2: Common usage in electronic technologies as well as printed board and electronic assembly technologies*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60194-1 et l'IEC 60194-2 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia : disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

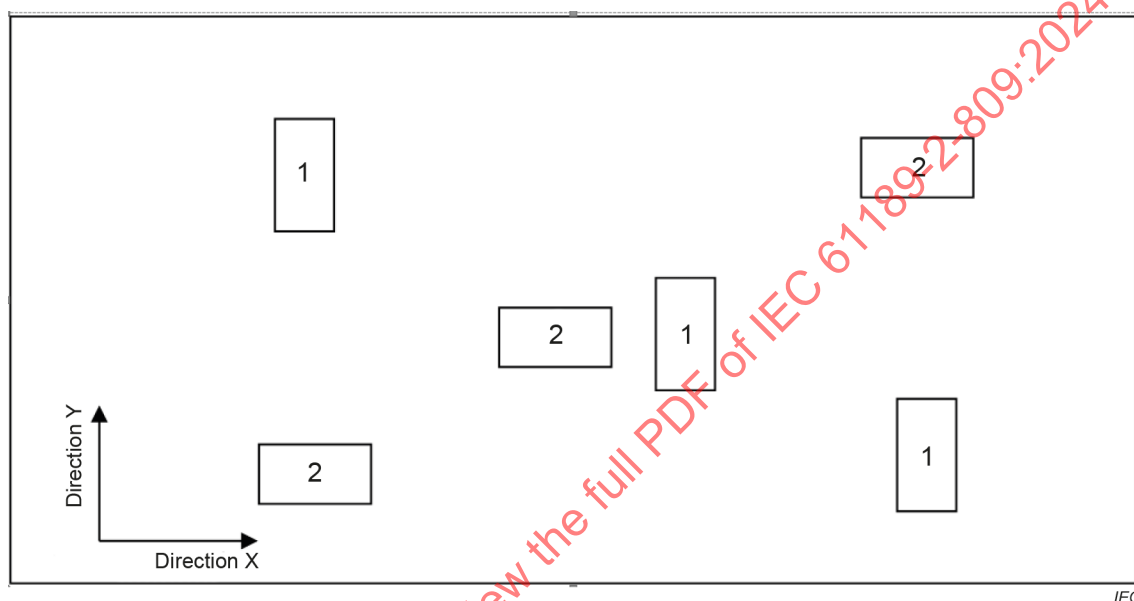
4 Éprouvettes d'essai

4.1 Les éprouvettes d'essai doivent présenter une épaisseur comprise entre 0,5 mm et 7,5 mm. Cette épaisseur peut être celle "en l'état de livraison" ou elle peut être stratifiée par l'utilisateur à partir d'un matériau préimprégné à l'état "B". Si elle est stratifiée par l'utilisateur, ce dernier doit être responsable des paramètres de superposition de couches et de traitement utilisés pour l'acceptation de qualité par le fabricant.

NOTE La répétabilité des résultats d'essai varie en fonction de facteurs tels que la superposition de couches utilisée, le rapport résine/verre et le traitement ultime de l'empilage stratifié, etc.

4.2 Les éprouvettes d'essai doivent présenter une longueur comprise entre 5 mm et 12 mm et une largeur comprise entre 5 mm et 10 mm. La largeur de l'éprouvette doit être inférieure à sa longueur.

4.3 Sauf spécification contraire, trois éprouvettes doivent être préparées dans le sens de la chaîne et de la trame de la fibre de verre à partir de la même pièce de matériau, et comporter le marquage des directions "X" ou "Y", comme cela est indiqué à la Figure 1. La direction "X" est celle de remplissage (trame) de la fibre tissée et la direction "Y" est la direction machine (chaîne) de la fibre tissée.



NOTE L'échantillon 1 est un échantillon CTE dans la direction "X", le sens de la largeur de l'échantillon est la direction "X" ; L'échantillon 2 est un échantillon CTE dans la direction "Y", le sens de la largeur de l'échantillon est la direction "Y".

Figure 1 – Schéma de la direction des échantillons

4.4 Les côtés opposés des éprouvettes doivent être parallèles et les surfaces doivent être polies avec du papier de verre (par exemple, du papier de verre de 600 grains), pour éliminer les débris et les fibres saillantes. Ensuite, nettoyer à l'alcool isopropylique et sécher pendant 1 heure à $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

NOTE La précuison d'une heure peut être éliminée si la condition [voir l'Article 6 point a)] est réalisée immédiatement après le polissage final.

5 Appareillage d'essai

L'appareillage d'essai se compose des éléments suivants:

- analyseur thermomécanique (TMA) capable de déterminer la variation dimensionnelle à 0,001 mm près sur la plage de température spécifiée;
- four à chaleur tournante capable de maintenir une température de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- dessiccateur ou armoire de séchage à faible humidité capable de maintenir une atmosphère inférieure à 30 % en humidité relative à $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6 Procédure d'essai

La procédure d'essai est la suivante:

- a) Immerger l'éprouvette, dans de l'alcool isopropylique en l'agitant pendant 20 secondes, puis le sécher pendant 1 heure $\pm$ 10 minutes à 110 °C $\pm$ 2 °C en étuve. Après avoir été retirée de l'étuve, l'éprouvette doit être refroidie pendant 40 minutes dans un dessiccateur ou une armoire de séchage avant d'être soumise aux essais;
- b) Étalonner l'instrument de mesure TMA conformément aux instructions du fabricant;
- c) Soumettre à l'essai le CTE de la direction "X", mesurer la largeur initiale de l'éprouvette comportant le marquage de la direction "X", enregistrée en tant que H;
- d) Placer l'éprouvette sur la plateforme du TMA, il convient que le sens de la largeur de l'échantillon d'essai soit toujours perpendiculaire à la plateforme de placement de ce dernier. Il convient que l'éprouvette soit centrée et repose à plat sur ladite plateforme. Il convient que le fil du thermocouple soit en contact avec l'éprouvette ou aussi près que possible de cette dernière;
- e) Placer des poids sur la sonde de détection et abaisser la sonde TMA pour s'assurer que celle-ci est en contact avec l'éprouvette avec une charge comprise entre 0,04 N et 0,10 N;
- f) Chauffer l'éprouvette à la vitesse de 5 $\pm$ 0,5 °C/min jusqu'à une température supérieure de 10 °C à la plage de températures exigée. La plage de températures d'essai doit être spécifiée par l'utilisateur afin que le fabricant et l'utilisateur puissent effectuer des essais dans la même plage de températures. La répétabilité peut être inacceptable en cas d'essais réalisés sur différentes plages de températures. La plage de températures d'essai générale est comprise entre 30 °C et 260 °C;
- g) Enregistrer la variation dimensionnelle de l'éprouvette en utilisant une plage appropriée sur l'enregistreur X-Y, enregistrée en tant que ΔH ;
- h) Il convient de soumettre à l'essai au moins trois éprouvettes du même matériau. Le nouvel essai d'une éprouvette ne peut être utilisé que comme référence et il ne doit pas être traité en tant qu'essai indépendant d'une éprouvette neuve;
- i) Répéter la procédure décrite de a) à h) pour soumettre à l'essai le CTE de la direction "Y" à l'aide des éprouvettes comportant le marquage "Y".

7 Calculs

Calculer le coefficient de dilatation thermique sur l'intervalle de température des trois éprouvettes selon la formule suivante:

$$\alpha = \frac{\Delta H}{H \times \Delta T} \times 10^6$$

où

α est le coefficient de dilatation thermique, en $\mu\text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$;

ΔH est la variation dimensionnelle de l'éprouvette sur l'intervalle de température (voir Figure 2), en mm;

H est la largeur initiale de l'éprouvette, en mm;

ΔT est l'intervalle de température (voir Figure 1), en °C.

NOTE Dans la plupart des instruments modernes de TMA, les calculs sont pris en charge par le logiciel du système.