

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Environmental testing –
Part 2-60: Tests – Test Ke: Flowing mixed gas corrosion test**

**Essais d'environnement –
Partie 2-60: Essais – Essai Ke: Essai de corrosion dans un flux de mélange de
gaz**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 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 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 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 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 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

**Environmental testing –
Part 2-60: Tests – Test Ke: Flowing mixed gas corrosion test**

**Essais d'environnement –
Partie 2-60: Essais – Essai Ke: Essai de corrosion dans un flux de mélange de
gaz**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 19.040

ISBN 978-2-8322-2747-3

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 Test apparatus	5
4 Severities	6
5 Preconditioning.....	6
6 Initial measurements.....	6
7 Testing	7
7.1 General.....	7
7.2 Test specimens.....	7
7.3 Corrosivity monitoring materials.....	7
7.4 Testing procedure	7
8 Recovery.....	9
9 Final measurements	9
10 Information to be given in the relevant specification.....	9
11 Information to be given in the test report	10
Annex A (normative) Corrosion monitoring copper coupons	11
A.1 General.....	11
A.2 Nature and dimension	11
A.3 Cleaning procedure	11
Annex B (informative) Description of test apparatus.....	12
B.1 General.....	12
B.2 Climatic system.....	12
B.3 Test enclosure	13
B.4 Gas delivery system	14
B.5 Analysing system	14
B.5.1 Temperature and humidity.....	14
B.5.2 Gases.....	14
B.6 Other corrosion monitoring methods	15
B.6.1 Mass increase.....	15
B.6.2 Surface analysis of monitoring coupons.....	15
B.6.3 Visual examination.....	16
B.7 Calibration of the chamber	16
Annex C (informative) Guide to the selection of methods and test duration.....	17
C.1 Introductory remarks	17
C.2 Function of corrosive gases used in the tests.....	17
C.3 Use of the different test methods	17
Bibliography	19
Figure B.1 – Example of test apparatus	12
Table 1 – Test conditions	6

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ENVIRONMENTAL TESTING –

Part 2-60: Tests – Test Ke: Flowing mixed gas corrosion 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 60068-2-60 has been prepared by IEC technical committee 104: Environmental conditions, classification and methods of test.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 1995, and constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- updated IEC format;
- updated normative references list;
- addition of information of the working volume;
- revision of the test procedure;
- revision of the figures in Annex B.

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

FDIS	Report on voting
104/655/FDIS	104/656/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.

A list of all parts in the IEC 60068 series, published under the general title *Environmental testing*, 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.

ENVIRONMENTAL TESTING –

Part 2-60: Tests – Test Ke: Flowing mixed gas corrosion test

1 Scope

This part of IEC 60068-2 determines the corrosive influence of operating and storage indoor environments on electrotechnical products components, equipment and materials, particularly contacts and connections, considered separately, integrated into a subassembly or assembled as a complete equipment.

It provides test methods giving information, on a comparative basis, to aid the selection of materials, choice of production processes and component design, with regard to corrosion resistance. A guide to the selection of methods and test duration is provided in Annex C.

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.

IEC 60512-2-1, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 2-1: Electrical continuity and contact resistance tests – Test 2a: Contact resistance – Millivolt level resistance method*

IEC 60512-3-1, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 3-1: Insulation tests – Test 3a: Insulation resistance*

ISO 431, *Copper refinery shapes*

3 Test apparatus

The test apparatus consists of a climatic system, test enclosure, gas delivery system and means for measuring gas concentration.

Details of design and construction are optional but shall be such that the conditions specified for each method are fulfilled throughout the working volume and shall comply with the following requirements:

- water droplets or aerosols shall not be injected into the test enclosure;
- air and water used shall be sufficiently clean in order not to affect performance of the test;
- the test atmosphere shall flow through the enclosure in such a manner as to ensure uniform test conditions within the working volume;
- the sampling point for gas analysis shall be in the working volume of the test enclosure;
- the exhaust gases shall be treated in accordance with the relevant regulatory stipulations;
- the wet bulb pod shall be placed in the test chamber in such a manner not to exceed 0,1 % of the cross-section of the test chamber.

Because of the strong synergistic effect and the so called “memory effect” (i.e., it is difficult to fully remove the chlorine compounds from the chamber, tubes, etc.), it is recommended that enclosures and tubing used for tests that incorporate chlorine only be used for chlorine tests.

The working volume is the volume within which the individual corrosion (mass increase of copper coupons expressed in $\text{mg}/(\text{dm}^2 \times \text{day})$) according to Annex A) at each location differs by a maximum of 15 % from the average corrosion of all coupons within the working volume.

4 Severities

The test severity shall be given in the relevant specification. It is defined by

- the test method, chosen from Table 1,
- the test duration.

Preferred durations, in days, are 4, 7, 10, 14 and 21.

Four methods are defined. The different parameters for each method are summarized in the following Table 1. A guidance for the use of each method is given in Clause C.3.

Table 1 – Test conditions

Parameters	Method 1	Method 2	Method 3	Method 4
H ₂ S (10 ⁻⁹ vol/vol)	100 ± 20	10 ± 5	100 ± 20	10 ± 5
NO ₂ (10 ⁻⁹ vol/vol)		200 ± 50	200 ± 50	200 ± 20
Cl ₂ (10 ⁻⁹ vol/vol)		10 ± 5	20 ± 5	10 ± 5
SO ₂ (10 ⁻⁹ vol/vol)	500 ± 100			200 ± 20
Temperature (°C) ^a	25 ± 1	30 ± 1	30 ± 1	25 ± 1
RH (%) ^a	75 ± 3	70 ± 3	75 ± 3	75 ± 3
Rate of ventilations per hour	3 to 10	3 to 10	3 to 10	3 to 10
Mass increase of copper coupons $\text{mg}/(\text{dm}^2 \times \text{day})$ according to Annex A	1,0 to 2,0	0,3 to 1,3	1,2 to 2,2	1,2 to 2,4
NOTE Since the nature of the corrosive attack is different for test Methods 1 to 4, neither their numbering nor the corresponding mass increase of copper coupons reflect their severity. ^a Different temperature and humidity values (e.g. 40 °C and 80 %RH) may be used based upon mutual agreement between the interested parties. The mass increase may be different from the given values.				

5 Preconditioning

The relevant specification may require preconditioning of specimens, for example cleaning or mechanical operation.

6 Initial measurements

Initial measurements shall be carried out as required by the relevant specification.

Generally, these measurements are:

- contact resistance measurements for electromechanical product components (see IEC 60512-2-1);
- insulation resistance measurements (see IEC 60512-3-1).

7 Testing

7.1 General

Samples exposed in the tests shall be

- the specimens being evaluated,
- corrosion monitor materials.

7.2 Test specimens

The relevant product specification shall define the conditions of the specimens during the test, for example mated or unmated for connectors; contacts open or closed for switches, operated or electrically loaded.

The duration of the operation or loading of heat-dissipating specimens, shall be such that the temperature and the relative humidity in the working volume remain within the specified tolerances.

The conditions of the specimens and the test chamber shall be such that condensation on the specimens shall not occur when they are introduced into the test chamber.

The total volume of the test specimens should not exceed 10 % of the volume of the working area of the test chamber. If the total volume of the test specimens exceed 10 %, the amount exceeding 10 % shall be included in the test report.

The total surface area of the test specimens should not exceed 10 % of the surface area of the working area of the test chamber. If the total surface of the test specimens exceed 10 %, the amount exceeding 10 % shall be included in the test report.

A minimum space between specimens might be 10 mm so as not to disturb the uniform air flow.

7.3 Corrosivity monitoring materials

Copper coupons shall be exposed with the test specimens in order to verify the conformance of the test condition.

A minimum of five test coupons of copper, prepared in accordance with Annex A, shall be exposed with the test specimens for the same duration. Their mass increase during the test, measured by a balance with a resolution of 0,01 mg, shall be taken as a measure of the corrosion and as a monitor of the reproducibility and repeatability of the test.

Other vehicles, for example, gold-plated coupons or other specimens (see B.6.3) can be used in addition to the copper coupons.

7.4 Testing procedure

One of the following test procedures shall be used:

Test procedure 1

When the test atmosphere does not contain chlorine (Method 1) or when the method for measuring chlorine concentration does not suffer interference from the other gases present in the test atmosphere, the following procedure shall be used:

- after the specified temperature is stabilized, start the flow of humid air, allow to stabilize and adjust temperature and humidity not to accumulate the condensation on the inner wall of the test chamber and the test specimen;
- start the flow of the gases into the humid air stream and allow to stabilize;
- measure and adjust gas concentrations. Allow to stabilize. When it is necessary to measure chlorine concentration, total chlorine (not only chlorine gas, Cl_2) present in the test atmosphere is taken as a measure of chlorine gas concentration. The chlorine added to the test atmosphere shall still only be in the form of chlorine gas, Cl_2 ;
- introduce the test specimens and the corrosion monitoring materials as prescribed in 7.3. The copper coupons shall be exposed with the test specimens for the first 4 days during a test duration. The copper coupons might be exposed another 4 days during a test duration, if necessary. It shall be included in the test report. The test specimens and the corrosion monitoring materials shall be distributed uniformly in the working volume. They shall not come in contact with one another nor shield one another from the test atmosphere. The test specimens shall be in the condition (for example, mated/unmated, electrically loaded or operated) as stated in the relevant specification. The test duration shall be measured from this point;
- allow the test conditions to stabilize, which may require considerable time. Measure and adjust, if necessary, temperature, humidity and gas concentrations. During these adjustments, any overshooting of gas concentration shall be avoided. Maximum allowed duration of this period of stabilization and adjustments, to prescribed values, is 24 h;
- during the course of testing, temperature, humidity and gas concentrations shall be kept within the prescribed limits. The chamber is allowed to be opened during the test.

The number of openings shall be limited.

No opening is allowed for a test duration shorter than 4 days.

One opening is allowed for a test duration of between 4 and 10 days.

One opening per week is allowed for a test duration exceeding 10 days.

The duration of these openings shall be limited to the time necessary to remove and introduce specimens and/or copper coupons;

- at the end of the test period, remove the specimens and the corrosion monitoring materials.

Test procedure 2

When chlorine is present in the test atmosphere (Methods 2 to 4) and when the method for measuring chlorine suffers interference from other gases in the test atmosphere, the following procedure shall be used:

- after the specified temperature is stabilized, start the flow of humid air, allow to stabilize and adjust temperature and humidity so as not to accumulate the condensation on the inner wall of the test chamber and the test specimen;
- start the flow of chlorine into the humid air stream and allow to stabilize;
- measure and adjust the chlorine concentration. Allow to stabilize;
- introduce the test specimens and the corrosion monitor materials as prescribed in 7.2. The copper coupons shall be exposed with the test specimens for the first 4 days during a test duration. The copper coupons might be exposed another 4 days during a test duration, if necessary. It shall be included in the test report. The test specimens and the corrosion monitoring materials shall be distributed uniformly in the working volume. They shall not come in contact with one another nor shield one another from the test atmosphere. The

test specimens shall be in the condition (for example, mated/unmated, electrically loaded or operated) as stated in the relevant specification;

- allow temperature, humidity and chlorine concentration to stabilize, which may require considerable time due to initially high reaction or adsorption rates of chlorine with surfaces. If necessary, measure and adjust the chlorine concentration. During this adjustment, any overshooting of gas concentration shall be avoided. The chlorine concentration shall remain stable for 2 h minimum. The maximum allowed duration of this period of chlorine stabilization and adjustments, to prescribed values, is 24 h;
- start the flow of the remaining gases and allow to stabilize. Measure and adjust, if necessary, temperature, humidity and gas concentrations, excluding chlorine. During these adjustments, any overshooting of gas concentration shall be avoided. The maximum allowed duration of this period of stabilization and adjustments, to prescribed values, is 24 h. The test duration is measured from the moment when all gases are present in the test atmosphere;
- during the course of testing, temperature, humidity and gas concentrations shall be kept within the prescribed limits. Chlorine concentration, however, cannot be controlled during the test. The way to ensure that values remain within the set limits is to carry out the chlorine measurement after finishing the test (see below). The chamber is allowed to be opened during the test.

The number of openings shall be limited.

No opening is allowed for a test duration shorter than 4 days.

One opening is allowed for a test duration of between 4 and 10 days.

One opening per week is allowed for a test duration exceeding 10 days.

The duration of these openings shall be limited to the time necessary to remove and introduce specimens and/or copper coupons;

- at the end of the test period, stop the flow of gases except chlorine which shall remain running. Allow sufficient time to empty the chamber of the other gases, to an extent sufficient to avoid interference with chlorine analyses;
- measure the chlorine concentration which shall be within the limits prescribed in order for the test to be valid;
- remove the test specimens and the corrosion monitoring materials.

8 Recovery

After removal of the specimens from the test chamber, they shall be stored in accordance with the relevant specification prior to final measurements.

9 Final measurements

The final measurements shall be carried out as required by the relevant specification which may also require a visual examination of the specimens after the test.

The relevant specification shall provide the criteria upon which the acceptance or rejection of the specimen is to be based.

If the necessary measurements cannot be made within the specified time, the period of storage under recovery conditions may be extended to a maximum of one week. Such an extension shall be mentioned in the test report.

10 Information to be given in the relevant specification

When this test is included in a relevant specification, the following details shall be given, in so far as they are applicable. The relevant specification shall supply information as required in

the clauses listed below, paying particular attention to the items marked with an asterisk (*) as this information is always required.

	Clause
a) Method*	4
b) Test duration*	4
c) Preconditioning of the specimens	5
d) Initial measurements*	6
e) Conditions of the specimens during the test*	7
f) Operation and loading during testing	7
g) Recovery and duration*	8
h) Final measurements* and possible visual examination	9
i) Criteria of acceptance or rejection*	9

11 Information to be given in the test report

Information to be given in the test report is as follows:

- test method;
- test duration;
- preconditioning;
- method and results of initial measurement;
- conditions and duration of test;
- operation and loading during test;
- recovery and duration;
- method and results of final measurement;
- individual mass increase of copper coupon in $\text{mg}/(\text{dm}^2 \times \text{day})$;
- any deviation from the standard.

Annex A (normative)

Corrosion monitoring copper coupons

A.1 General

Copper coupons are exposed with the test specimen in order to verify the conformance of the test to the limits set out in this standard. The mass increase of the coupons shall be taken as a measure of this conformity.

A.2 Nature and dimension

The coupons shall be made from half hard OFHC copper (Cu-OF according to ISO 431) sheet, maximum thickness of 0,5 mm, and have a total surface area of 0,1 dm² to 0,2 dm² each. The surface of the coupon is an essentially faultless surface (free from pores, marks, scratches and any light colouration) and a matt finish (arithmetically mean deviation of the profile $R_a = 0,15 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$).

A.3 Cleaning procedure

Before the start of the test, the copper coupons shall be cleaned, as described below, weighed by a balance with a resolution of 0,01 mg and stored for a maximum of 120 h in a desiccator with non-corrosive dehydrating agent.

The cleaning procedure of the copper coupons shall be as follows:

- cathodic degrease in 1 N NaOH, for 15 s to 30 s, at 5 V to 10 V, using a stainless steel anode or platinum anode;
- rinse with tap water;
- rinse with demineralized water;
- activate by dipping in 10 % H₂SO₄, for 20 s to 30 s;
- rinse with tap water;
- rinse with demineralized water;
- rinse with alcohol: denatured ethyl alcohol or isopropyl alcohol;
- dry with warm air (about 50 °C).

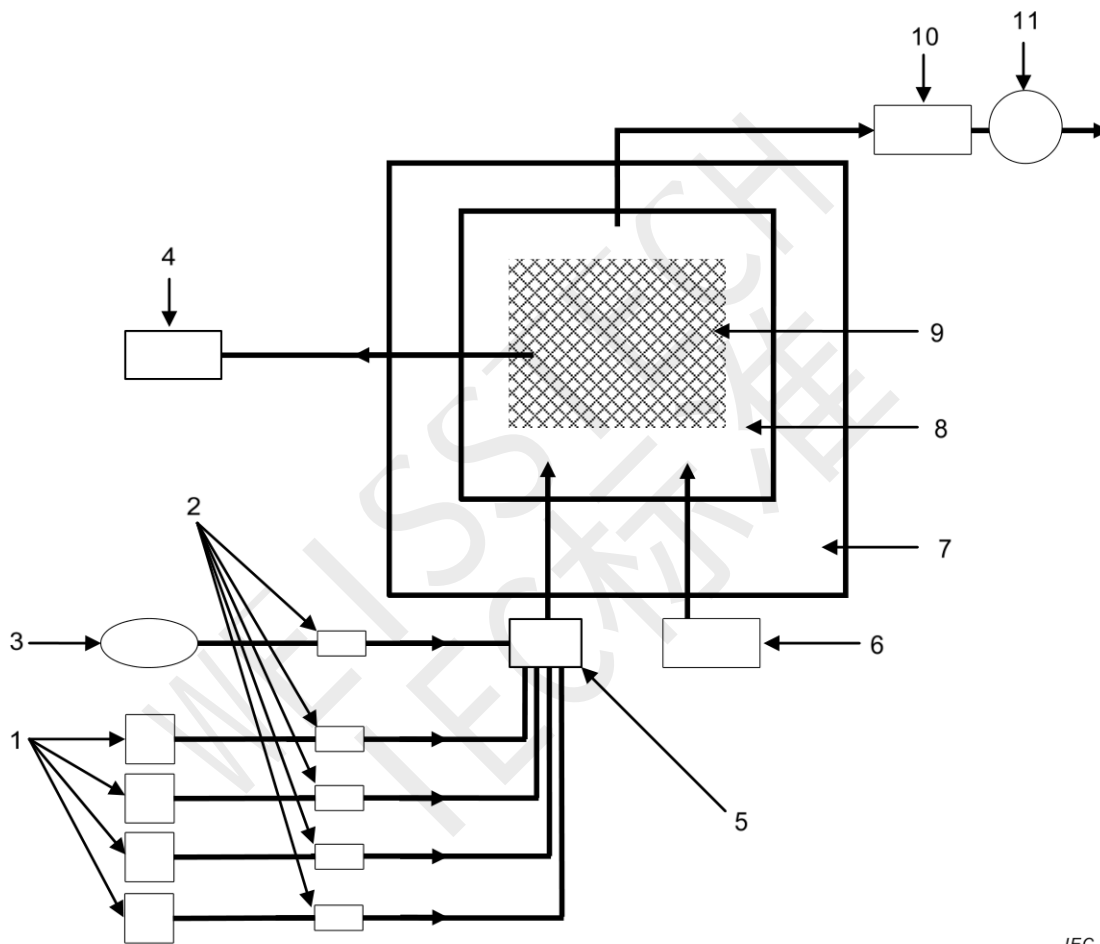
All solutions shall be prepared with demineralized water, of at least the same quality as used in the climatic system.

Annex B (informative)

Description of test apparatus

B.1 General

The test apparatus consists of a climatic system, a test enclosure, a gas delivery system and gas analysing systems. An example of test apparatus is shown in Figure B.1.



IEC

Key

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1 Gas source | 7 Conditioning chamber |
| 2 Flow controller | 8 Test chamber |
| 3 Air supply | 9 Working volume |
| 4 Gas analysing system | 10 Chemical filter |
| 5 Gas mixing chamber | 11 Pump |
| 6 Humidity source | |

Figure B.1 – Example of test apparatus

B.2 Climatic system

The climatic system supplies humidified air to the test enclosure. A common way is to bubble pressurized air through a water bath held at a temperature above the dew point of the

humidified air needed. When calculating the temperature any additional adding of dry air to the test atmosphere should be taken into account. The relative humidity of the air in the test enclosure should be periodically checked and the temperature of the water bath adjusted accordingly.

Pressurized air should be cleaned from oil and pollutants. One or several oil traps, oil filters and chemical filters, such as a combination of dry active carbon and a molecular sieve, should be used and regenerated at regular intervals. Alternatively, synthetic air can be used. Water should be distilled or deionized.

The humidified air can be introduced into the test enclosure by the method shown in Figure B.1. In this case, the air from the test enclosure is exhausted by suction thereby producing a lower pressure in the test enclosure than in the outer chamber. This humidified air from the outer chamber is sucked into the test enclosure through a hole, the size of which affects the pressure difference. The flow rate of the air out of the enclosure is adjusted to obtain the specified number of volume changes per hour. The lower pressure within the test enclosure, as compared with the ambient, may however cause difficulties when using certain instruments for gas analysis.

B.3 Test enclosure

The constituents of the test atmosphere are chemically active and hence liable to adsorb, absorb or react with the materials of construction of the test enclosure and of tubes. Materials recommended for test enclosures are glass, polymethylmetacrylate (PMMA), polytetrafluoroethylene (PTFE), polyvinylidenefluorid (PVDF) and an austenitic stainless steel of the 18 % Cr, 10 % Ni type with added Mo, Ti, Nb or other resistant materials, in order to increase the resistance to chlorine compounds, essential for this application. Higher amounts of the gases than specified are often added, especially regarding chlorine, in order to obtain specified concentrations in the working volume. When using some types of stainless steel, corrosion of the enclosure will occur. A “burn-in” period, during which gas adsorption rates will be unusually high, might be necessary for new chambers.

The minimum volume of the test enclosure is recommended to be 0,1 m³.

The test enclosure may be of any shape. A cylindrical shape generally produces a more uniform air flow and a larger working volume relative to the volume of the enclosure as compared to a cubical shape.

It is recommended that the test enclosure enables the samples to be exposed only incidentally to sunlight or other light sources.

The design of the chamber should allow easy and thorough cleaning of walls and other parts within the enclosure. Walls may be heated, to specified temperature or slightly higher, in order to avoid condensation; normally an air jacket (may be an outer chamber) or a water jacket is used.

The enclosure should be fitted with suitable gas-tight seals to enable electrical measurements and all electrical and mechanical operations to be performed during the test.

The test atmosphere is preferably injected through opening(s) in the bottom of the chamber and exhausted through opening(s) in the opposite wall (top of the chamber). Baffles in front of the opening(s) can be used in order to improve uniformity of the air flow.

Tubes for the exhaust can be heated in order to avoid condensation and corrosion.

Forced movement of the air is allowed, in order to improve uniformity, provided the requirements in Table 1 are met. Forced movement of the air can be achieved by the use of

fans or by moving the test objects slowly through the atmosphere by using a carousel. In general, fans produce turbulent air movement which tends to increase the rate of corrosion. To avoid that, the air velocity to the test specimen shall be as low as possible. Uniform air velocity when using carousels is only produced at a constant diameter. When using fans or carousels, power dissipation from this equipment should be taken into account. Fans can normally be placed far from the test objects so that heat dissipation does not affect test performance. For carousels, the motor is normally positioned outside the chamber to avoid heat dissipation within the test enclosure. The effect of fans or a carousel can be investigated prior to use (see Clause B.7).

B.4 Gas delivery system

The gas supply system, tubing, valves etc., should not adsorb or absorb gases to an extent affecting the performance of the test. PTFE is a generally used material in tubings. Valves, etc., are generally manufactured from acid proof steel, preferably coated with PTFE on the surfaces in contact with the gas. Chlorine, in particular, attacks acid proof steel in the presence of humidity.

Gases used can be supplied by permeation tubes with purified air, synthetic air or nitrogen as carrier gas. An alternative method is to use gas cylinders, preferably with diluted gas (usually in nitrogen).

Gases used should be clean enough not to affect performance of the test. The recommended purity level for active gases other than the specified gas is a maximum concentration of 0,1 % of the active gas concentration; gas such as nitrogen monoxide in nitrogen dioxide is allowed at higher concentrations to a maximum of 10 % of the specified gas.

For regulating gas flow dosing pumps, orifices or mass flow meters can be used. Mass flow meters are recommended for regulating the diluted corrosive gases.

Before introducing the corrosive gases in the test enclosure, it is recommended to use a mixing chamber. The concentration of the individual corrosive gases, when mixing with other corrosive gases, should avoid unwanted reactions between the gases.

B.5 Analysing system

B.5.1 Temperature and humidity

For measuring temperature and humidity, methods unaffected by corrosive gases present can be used. Humidity and temperature may be controlled before mixing with diluted corrosive gas. In test apparatus, according to Figure B.1, this would be in the outer chamber. In this case, the settings are adjusted according to the mixing with the diluted corrosive gases. The correlation between the true humidity and temperature in the test enclosure and the temperature and humidity normally measured outside should be checked periodically (normally twice per year). This exposure of instruments to the corrosive environment in the test enclosure is recommended to be limited.

B.5.2 Gases

In order to avoid condensation in sampling tubes, these tubes can be heated. Relative humidity in the tubes should be 80 % maximum, preferably lower.

Possible effects of the pressure difference between the test enclosure and outside of the chamber on the function of the gas analysing instruments should be checked thoroughly. Most instruments require gas samples of ambient pressure. When having a negative pressure in the test enclosure, some instruments may have difficulties evacuating the air out of the enclosure, thus giving too low readings. A positive pressure is more easily managed, in this case measures in order to reduce pressure to ambient can easily be taken.

Examples of instrument types which can be used for sulphur dioxide are UV-fluorescence, conductometry and colorimetry.

For hydrogen sulphide, UV-fluorescence, gas chromatography with flame photometric detection, adsorption on gold film sensor (interference by NO_2), conductometry or colorimetry may be used.

For nitrogen dioxide, chemiluminiscence or colorimetry may be used.

Chlorine gas (Cl_2) can be measured using electrochemical methods or colorimetry. Both methods are affected by the other corrosive gases used in the test atmosphere. The chlorine analysis can accordingly only be conducted when the other gases are absent.

After mixing all gases, total chlorine may be analysed using ionic chromatography. Chlorine content using this method is taken as a measure of Cl_2 concentration.

Instruments used should be calibrated according to the manufacturer's instructions. Additionally, all instruments should be periodically calibrated using gas calibration sources. When using UV-fluorescence type instruments, air should be used as carrier gas in the gas calibration source since different readings are obtained when using nitrogen as compared to when using air.

It is also important to note that many instruments (for example, UV-fluorescence for SO_2 analysis) are affected by relative humidity. The same relative humidity in the carrier gas, from the calibration unit, as in the sampling tube may be difficult to achieve. In this case, readings using pure air from the chamber, using the same temperature, humidity, flow and the same heating of tubes as when taking gas samples, are taken and compared with readings for pure carrier gas from the calibration unit. When analysing the corrosive gas from the chamber, the reading is adjusted accordingly.

B.6 Other corrosion monitoring methods

B.6.1 Mass increase

For the mass increase of copper, a balance with a resolution of 0,01 mg should be used.

Immediately before weighing the corrosion monitoring coupons, the balance should be calibrated.

For monitoring of corrosion by determining mass gain of copper or silver, a quartz microbalance can be used. Since the copper-coated quartz crystals cannot be cleaned using the method described in Annex A, the method should be calibrated by comparing with mass gain measurements for copper coupons cleaned according to the standard and weighed on a normal analytical balance.

B.6.2 Surface analysis of monitoring coupons

Investigation of the corrosion layers produced on the surface of the coupons exposed in any of the four methods described by this standard, gives additional information regarding the nature, chemical composition, layer structure and thickness of the corrosion products.

Appropriate methods such as coulometric reduction, cyclic voltametry, X-ray microanalysis (SEM EDS, WDS or microprobe), Auger electron spectroscopy (AES), secondary ion mass spectrometry (SIMS), electron spectroscopy for chemical analysis (ESCA), are available instrumental techniques for these studies.

B.6.3 Visual examination

The use of gold-plated coupons or other specimens as additional corrosion monitoring materials is recommended in order to determine the dominating corrosion mechanism.

Dominant mechanism found in Methods 1, 2 and 4 is pore corrosion and creep corrosion in the case of Method 3.

B.7 Calibration of the chamber

The working volume of a new chamber, as well as after changes in geometry or air flow, should be determined using copper coupons. Copper coupons (cleaned according to Annex A) are positioned at different locations within the chamber, with a minimum of three coupons at each location.

Maximum loading of the chamber may also be estimated using copper coupons. At maximum loading, the corrosion should be within the tolerances given in Table 1. It should be noted that organic materials may absorb just as much or even more corrosive gas as metallic materials.

Annex C (informative)

Guide to the selection of methods and test duration

C.1 Introductory remarks

Corrosion of electrotechnical products during storage or operation in indoor locations is affected by climatic factors such as temperature, relative humidity, air velocity and rate of change of temperature and humidity. Additionally, gaseous pollutants seriously affect the rate of corrosion as well as the occurrence of different corrosion mechanisms. Contaminants on the surface such as dust, oil and compounds liberated from plastic materials may affect the rate and mechanism of corrosion.

All gases used in the test atmospheres have natural sources; however, different gaseous pollutants dominate in different field environments:

- sulphur dioxide and nitrogen oxides from combustion of fossil fuels and in traffic environments;
- hydrogen sulphide in the vicinity of petrochemical and steel industry, decaying organic matter, stagnant water and animal shelters;
- hydrogen sulphide and chlorine compounds in the vicinity of pulp and paper industry.

The test methods in this standard are not designed to correspond to a specific type of environment. The test methods have been chosen to produce corrosion products observed in the field for materials normally used in electrotechnical products.

C.2 Function of corrosive gases used in the tests

Hydrogen sulphide has a strong corrosive influence on many metals, especially silver and copper.

In Method 1, there is a synergistic effect of sulphur dioxide and hydrogen sulphide. This implies that an enclosure and tubing used with hydrogen sulphide cannot be used for a pure sulphur dioxide corrosion test. In Method 4, sulphur dioxide is added because sulphur dioxide has a corrosive effect on nickel, as well as on steel and zinc.

Nitrogen oxide is used, mainly as an oxidant in test Methods 2 to 4.

Chlorine is seldom observed as a major pollutant in the field. In test Methods 2 to 4, it is partly used as an oxidant and partly as a chlorine compound. The chloride formed when reduced has the ability to penetrate protective oxide layers on metallic surfaces. Having this dual effect, chlorine shows a strong synergistic effect when combined with, in particular, hydrogen sulphide. Because of the strong synergistic effect and the so called “memory effect” (i.e., it is difficult to fully remove the chlorine compounds from the chamber, tubes, etc.), it is recommended that enclosures and tubing used for tests that incorporate chlorine only be used for chlorine tests.

C.3 Use of the different test methods

Although copper is considered to be a good monitoring material, its mass increase in the test method is not, in general, related to the corrosion of other metallic samples.

Test Method 1 can be used as a pore corrosion test on gold coatings. A test duration of 10 days is appropriate for openly exposed gold coated surfaces.

Test Method 1 can also be used for testing of contacts with gold-plated surfaces, contacts to be used in mild environments (for example telecommunication centres in “clean” surroundings). In this case, a duration of 10 to 21 days is appropriate.

Test Methods 2 and 4 are appropriate for electrotechnical products to be used in moderately corrosive environments. Such environments may be found in telecommunication centres, most office environments and some industrial instrument rooms. In these environments, the predominant corrosion mechanism on gold coatings is pore corrosion.

Test Method 3 is appropriate for more corrosive environments. Such environments may be found in instrument rooms in industry and some industrial locations. In these environments, gold coatings are prone to pore corrosion and creep of corrosion of products.

For test Methods 2 to 4, test durations of four to seven days are useful for visual assessment of coating systems. The appearance is influenced by the materials used. Four to 10 days test duration is appropriate for short-life products and 7 to 21 days for products with higher requirements for reliability and life.

Bibliography

- [1] Shigeo Suga, Shin Watanabe, Kohei Saito, Low-concentration chlorine gas measurement technology and its application to gas corrosion test instruments, *Proceedings of 25th Kenkyuhappyoukai*, Materials Life Society Japan, pp.65-70, July 2014
- [2] Shigeo Suga, Kohei Saito, Developing New Gas Corrosion Test Instrument with "Chamber Exchange System", *Proceedings of the 24th annual RCJ reliability symposium*, Reliability Center for Electronic Components of Japan, pp.194-201, October 2014

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
1 Domaine d'application.....	23
2 Références normatives	23
3 Appareil d'essai	23
4 Sévérités	24
5 Préconditionnement.....	24
6 Mesures initiales.....	25
7 Essais	25
7.1 Généralités	25
7.2 Spécimens d'essai	25
7.3 Matériaux de contrôle de la corrosivité.....	25
7.4 Procédures d'essai.....	26
8 Reprise	27
9 Mesures finales	27
10 Renseignements à donner dans la spécification particulière	28
11 Renseignements à donner dans le rapport d'essai.....	28
Annexe A (normative) Coupons de cuivre pour le contrôle de la corrosivité	29
A.1 Généralités	29
A.2 Nature et dimension	29
A.3 Méthode de nettoyage.....	29
Annexe B (informative) Description de l'appareil d'essai	30
B.1 Généralités	30
B.2 Système climatique	31
B.3 Chambre d'essai	31
B.4 Système de production de gaz.....	32
B.5 Système d'analyse	32
B.5.1 La température et l'humidité	32
B.5.2 Gaz	33
B.6 Autres méthodes de contrôle de la corrosion.....	33
B.6.1 Augmentation de masse	33
B.6.2 Analyse de surface des échantillons pour le contrôle	34
B.6.3 Examen visuel	34
B.7 Etalonnage de la chambre d'essai	34
Annexe C (informative) Guide pour la sélection des méthodes et des durées d'essai.....	35
C.1 Remarques préliminaires.....	35
C.2 Rôle des gaz corrosifs utilisés dans les essais.....	35
C.3 Utilisation des différentes méthodes d'essai.....	36
Bibliographie	37
Figure B.1 – Exemple d'appareil d'essai	30
Tableau 1 – Conditions d'essais.....	24

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

**Partie 2-60: Essais – Essai Ke: Essai de corrosion
dans un flux de mélange de gaz**

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 60068-2-60 a été établie par le comité d'études 104 de l'IEC: Conditions, classification et essais d'environnement.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition publiée en 1995. Cette édition constitue une révision technique.

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

- mise à jour du format de l'IEC;
- mise à jour de la liste de références normatives;
- ajout d'informations concernant le volume de travail;

- révision de la procédure d'essai;
- révision des figures dans l'Annexe B.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
104/655/FDIS	104/656/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.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60068, publiées sous le titre général *Essais d'environnement*, 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.

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 2-60: Essais – Essai Ke: Essai de corrosion dans un flux de mélange de gaz

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60068-2 établit l'influence corrosive de l'environnement sur des composants de produits électrotechniques, des équipements et des matériels, en fonctionnement ou stockés à l'intérieur de bâtiments, en particulier sur des contacts et des connexions, pris individuellement, intégrés dans un sous-ensemble ou faisant partie d'un équipement complet.

Cette norme présente des méthodes d'essais comparatifs permettant de sélectionner des matériaux, de choisir des procédés de fabrication et de concevoir des composants en fonction de la résistance à la corrosion. Un guide pour la sélection des méthodes et des durées d'essai figure en Annexe C.

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).

IEC 60512-2-1, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 2-1: Essais de continuité électrique et de résistance de contact – Essai 2a: Résistance de contact – Méthode du niveau des millivolts*

IEC 60512-3-1, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 3-1: Essais d'isolement – Essai 3a: Résistance d'isolement*

ISO 431, *Formes brutes d'affinage du cuivre*

3 Appareil d'essai

L'appareil d'essai est constitué par un système climatique, une chambre d'essai, un système de production de gaz et des moyens pour mesurer la concentration gazeuse.

Les détails de conception et de construction sont libres, mais doivent être tels que les conditions spécifiées pour chaque méthode soient remplies dans la totalité du volume de travail et doivent respecter les exigences suivantes:

- aucune gouttelette d'eau ou d'aérosol ne doit être injectée dans la chambre d'essai;
- on doit utiliser de l'air et de l'eau suffisamment propres pour ne pas affecter la qualité des résultats d'essai;
- la circulation de l'atmosphère d'essai à travers la chambre doit permettre d'obtenir des conditions d'essai uniformes dans le volume de travail;
- le point de prélèvement pour les analyses de gaz doit être situé dans le volume de travail de la chambre d'essai;
- le traitement des gaz rejetés doit être conforme aux règles en vigueur;

- l'ensemble à bulbe humide doit être placé dans la chambre d'essai de façon à ne pas dépasser 0,1 % de la section transversale de la chambre d'essai.

En raison de l'importance de l'effet de synergie et de ce que l'on appelle l'"effet de mémoire" (à savoir qu'il est très difficile d'éliminer complètement les composés chlorés de la chambre, des tubes, etc.), il est recommandé que des enceintes et des tubes utilisés pour des essais comprenant du chlore soient uniquement utilisés pour les essais au chlore.

Le volume de travail est le volume dans lequel la corrosivité individuelle (augmentation de la masse des coupons de cuivre en $\text{mg}/(\text{dm}^2 \times \text{jour})$ conformément à l'Annexe A), diffère en chaque point au maximum de 15 % de la corrosivité moyenne obtenue avec tous les coupons placés à l'intérieur du volume de travail.

4 Sévérités

La sévérité de l'essai doit être précisée dans la spécification particulière concernée. Elle est définie par:

- la méthode d'essai, choisie dans le Tableau 1,
- la durée de l'essai.

Les durées préférentielles, en jours, sont égales à 4, 7, 10, 14 et 21.

Quatre méthodes sont définies. Les divers paramètres de chaque méthode sont résumés dans le Tableau 1 ci-dessous. On trouvera à l'Article C.3 un guide pour chaque méthode.

Tableau 1 – Conditions d'essais

Paramètres	Méthode 1	Méthode 2	Méthode 3	Méthode 4
H ₂ S (10 ⁻⁹ vol/vol)	100 ± 20	10 ± 5	100 ± 20	10 ± 5
NO ₂ (10 ⁻⁹ vol/vol)		200 ± 50	200 ± 50	200 ± 20
Cl ₂ (10 ⁻⁹ vol/vol)		10 ± 5	20 ± 5	10 ± 5
SO ₂ (10 ⁻⁹ vol/vol)	500 ± 100			200 ± 20
Temperature (°C) ^a	25 ± 1	30 ± 1	30 ± 1	25 ± 1
HR (%) ^a	75 ± 3	70 ± 3	75 ± 3	75 ± 3
Taux de ventilation	3 à 10	3 à 10	3 à 10	3 à 10
Augmentation de masse des échantillons de cuivre $\text{mg}/(\text{dm}^2 \times \text{jour})$ selon l'Annexe A	1,0 à 2,0	0,3 à 1,3	1,2 à 2,2	1,2 à 2,4
NOTE Comme la nature de la corrosion est différente selon les Méthodes d'essai 1 à 4, ni leur numéro ni l'augmentation de masse des échantillons de cuivre ne reflètent leur degré de sévérité. ^a D'autres valeurs de température et d'humidité, telles que 40 °C et 80 %HR, peuvent être utilisées sur la base d'un accord mutuel entre les parties concernées. L'augmentation de masse peut être différente des valeurs indiquées.				

5 Préconditionnement

La spécification particulière peut exiger un préconditionnement des spécimens, par exemple un nettoyage ou une manœuvre mécanique.

6 Mesures initiales

Les mesures initiales doivent être effectuées conformément à la spécification particulière.

Ces mesures concernent en général:

- la mesure de la résistance de contact pour les composants électromécaniques (voir l'IEC 60512-2-1);
- la mesure de la résistance d'isolement (voir l'IEC 60512-3-1).

7 Essais

7.1 Généralités

Les échantillons soumis aux essais doivent être:

- les spécimens en cours d'évaluation;
- les matériaux de contrôle de la corrosivité.

7.2 Spécimens d'essai

La spécification particulière du produit doit définir l'état des spécimens pendant l'essai, par exemple connecteurs accouplés ou désaccouplés; contacts ouverts ou fermés pour les commutateurs, en fonctionnement ou sous tension.

La durée de fonctionnement ou d'alimentation électrique des spécimens qui dissipent de la chaleur doit être telle que la température et l'humidité relative du volume de travail demeurent dans les limites de tolérance spécifiées.

L'état des spécimens et les conditions dans la chambre d'essai ne doivent pas provoquer de condensation sur les spécimens lors de leur introduction dans la chambre d'essai.

Il convient que le volume total des spécimens d'essai ne dépasse pas 10 % du volume de la surface de travail de la chambre d'essai. Si le volume total des spécimens d'essai dépasse 10 %, la quantité excédant 10 % doit figurer dans le rapport d'essai.

Il convient que la surface totale des spécimens d'essai ne dépasse pas 10 % de la surface de la zone de travail de la chambre d'essai. Si la surface totale des spécimens d'essai dépasse 10 %, la quantité excédant 10 % doit figurer dans le rapport d'essai.

L'espace minimal entre les spécimens peut être de 10 mm de manière à ne pas perturber le flux d'air uniforme.

7.3 Matériaux de contrôle de la corrosivité

Des coupons de cuivre doivent être exposés en même temps que les spécimens d'essai afin de vérifier la conformité de la condition d'essai.

Cinq coupons d'essai de cuivre au minimum, préparés conformément aux indications de l'Annexe A, doivent être exposés en même temps que les spécimens d'essais, et ce pour la même durée. Leur augmentation de masse durant l'essai, mesurée à l'aide d'une balance avec une résolution de 0,01 mg, doit être prise comme mesure de la corrosivité et comme moyen de contrôle de la reproductibilité et de la répétabilité de l'essai.

En plus de ces coupons de cuivre, on peut également utiliser d'autres supports, par exemple des coupons recouverts d'or ou d'autres échantillons (voir B.6.3).

7.4 Procédures d'essai

On doit utiliser l'une des procédures d'essai décrites ci-dessous:

Procédure d'essai 1

Lorsque l'atmosphère d'essai ne comporte pas de chlore (Méthode 1) ou lorsque la méthode de mesure du taux de chlore n'interfère pas avec les autres gaz présents dans l'atmosphère d'essai, on doit procéder de la façon suivante:

- après stabilisation de la température spécifiée, commencer l'admission du flux d'air humide, laisser stabiliser puis régler la température et l'humidité afin d'éviter l'accumulation de condensation sur la paroi intérieure de la chambre d'essai et sur le spécimen d'essai;
- commencer l'admission du flux gazeux dans le courant d'air humide et laisser stabiliser;
- mesurer et régler les concentrations de gaz. Laisser stabiliser. Lorsqu'il est nécessaire de mesurer la concentration en chlore, le chlore total (pas seulement le chlore gazeux, Cl_2) présent dans l'atmosphère d'essai est pris comme mesure de la concentration en chlore gazeux. Le chlore ajouté à l'atmosphère d'essai doit toujours être uniquement du chlore gazeux, Cl_2 ;
- introduire les spécimens d'essai et les matériaux de contrôle de la corrosivité comme stipulé au 7.3. Les coupons de cuivre doivent être exposés en même temps que les spécimens d'essai, pendant les 4 premiers jours d'une durée d'essai. Les coupons en cuivre peuvent être exposés 4 jours supplémentaires pendant la durée d'essai, si nécessaire. Cela doit figurer dans le rapport d'essai. Les spécimens d'essai et les matériaux de contrôle de la corrosivité doivent être répartis uniformément à l'intérieur du volume de travail. Ils ne doivent pas venir en contact les uns avec les autres et aucun ne doit faire écran aux autres dans l'atmosphère d'essai. Les spécimens d'essai doivent se trouver dans l'état indiqué par la spécification particulière (par exemple enfiché/désenfiché, sous tension ou en fonctionnement). La durée de l'essai doit être mesurée à partir de ce moment;
- laisser les conditions d'essai se stabiliser, ce qui peut prendre beaucoup de temps. Si nécessaire, mesurer et régler la température, l'humidité et les concentrations gazeuses. Eviter tout dépassement excessif de la concentration en gaz au cours de ces réglages. La durée maximale de cette période de stabilisation du chlore et de réglages, aux valeurs prescrites, est de 24 h;
- au cours des essais, la température, l'humidité et les concentrations gazeuses doivent rester dans les limites fixées. L'ouverture de la chambre est autorisée au cours de l'essai.

Le nombre d'ouvertures doit être limité.

Aucune ouverture n'est autorisée pour une durée d'essai inférieure à 4 jours.

Une ouverture est autorisée pour une durée d'essai entre 4 jours et 10 jours.

Une ouverture par semaine est autorisée pour une durée d'essai supérieure à 10 jours.

La durée d'ouverture doit être limitée au temps nécessaire pour enlever ou introduire des spécimens et/ou des coupons de cuivre;

- à la fin de la période d'essai, retirer les spécimens et les matériaux de contrôle de la corrosivité.

Procédure d'essai 2

Lorsque l'atmosphère d'essai comporte du chlore (Méthodes 2 à 4) et lorsque la méthode de mesure du chlore interfère avec les autres gaz dans l'atmosphère d'essai, on doit procéder de la façon suivante:

- après stabilisation de la température spécifiée, commencer l'admission du flux d'air humide, laisser stabiliser puis régler la température et l'humidité afin d'éviter l'accumulation de condensation sur la paroi intérieure de la chambre d'essai et sur le spécimen d'essai;

- commencer à admettre le flux de chlore dans le courant d'air humide et laisser stabiliser;
- mesurer et régler la concentration en chlore. Laisser stabiliser;
- introduire les spécimens d'essai et les matériaux de contrôle de la corrosivité, comme stipulé au 7.2. Les coupons de cuivre doivent être exposés en même temps que les spécimens d'essai, pendant les 4 premiers jours d'une durée d'essai. Les coupons en cuivre peuvent être exposés 4 jours supplémentaires pendant la durée d'essai, si nécessaire. Cela doit figurer dans le rapport d'essai. Les spécimens d'essai et les matériaux de contrôle de la corrosivité doivent être répartis uniformément à l'intérieur du volume de travail. Ils ne doivent pas venir en contact les uns avec les autres et aucun ne doit faire écran aux autres dans l'atmosphère d'essai. Les spécimens d'essai doivent se trouver dans l'état indiqué par la spécification particulière (par exemple enfiché/désenfiché, sous tension ou en fonctionnement);
- laisser s'équilibrer la température, l'humidité et la concentration en chlore. Cela peut prendre beaucoup de temps du fait de la réaction ou des taux d'adsorption du chlore avec les surfaces, qui peuvent être élevés au départ. Si nécessaire, mesurer et régler la concentration en chlore. Au cours de ces réglages, tout dépassement excessif de la concentration en gaz doit être évité. La concentration en chlore doit rester stable pendant au moins 2 h. La durée maximale de cette période de stabilisation du chlore et de réglages, aux valeurs prescrites, est de 24 h;
- commencer à admettre le flux des gaz restants et laisser stabiliser. Si nécessaire, mesurer et régler la température, l'humidité et les concentrations en gaz, à l'exclusion du chlore. Au cours de ces réglages, tout dépassement excessif de la concentration en gaz doit être évité. La durée maximale de cette période de stabilisation du chlore et de réglages, aux valeurs prescrites, est de 24 h. La durée des essais est mesurée à partir du moment où tous les gaz sont présents dans l'atmosphère d'essai;
- au cours des essais, la température, l'humidité et les concentrations gazeuses doivent rester dans les limites fixées. Cependant, la concentration en chlore ne peut pas être contrôlée au cours de l'essai. Le moyen de s'assurer que les valeurs ne dépassent pas les limites fixées est de mesurer le taux de chlore à la fin de l'essai (voir ci-dessous). L'ouverture de la chambre est autorisée au cours de l'essai.

Le nombre d'ouvertures doit être limité.

Aucune ouverture n'est autorisée pour une durée d'essai inférieure à 4 jours.

Une ouverture est autorisée pour une durée d'essai entre 4 jours et 10 jours.

Une ouverture par semaine est autorisée pour une durée d'essai supérieure à 10 jours.

La durée de ces ouvertures doit être limitée au temps nécessaire pour enlever ou introduire des spécimens et/ou des coupons de cuivre;

- à la fin de la période d'essai, arrêter l'admission des gaz, excepté le chlore qui doit continuer à être introduit. Attendre suffisamment pour évacuer de la chambre les autres gaz, jusqu'à atteindre des teneurs suffisamment faibles pour ne pas interférer avec les analyses du chlore;
- mesurer le taux de chlore, qui doit être dans les limites fixées pour que les essais puissent être validés;
- retirer les spécimens d'essai et les matériaux de contrôle de la corrosivité.

8 Reprise

Après avoir retiré les spécimens de la chambre d'essai, on doit les entreposer dans les conditions définies par la spécification particulière, avant de procéder aux mesures finales.

9 Mesures finales

Les mesures finales doivent être effectuées conformément à la spécification particulière qui peut aussi exiger une inspection visuelle des spécimens après l'essai.

La spécification particulière doit donner les critères sur lesquels la décision d'acceptation ou de rejet du spécimen doit être fondée.

Si les mesures nécessaires ne peuvent être réalisées dans les limites spécifiées pour le temps, la durée du séjour, dans les conditions normales de reprise, peut être étendue à un maximum d'une semaine. Une telle prolongation doit être mentionnée dans le rapport d'essai.

10 Renseignements à donner dans la spécification particulière

Lorsque cet essai est inclus dans une spécification particulière, les détails suivants doivent être donnés, dans la mesure où ils sont applicables. La spécification particulière doit fournir les renseignements comme exigé dans les articles cités ci-après, en faisant particulièrement attention aux points repérés par un astérisque (*), car ce renseignement doit toujours être donné.

	Article
a) Méthode*	4
b) Durée des essais*	4
c) Préconditionnement des spécimens	5
d) Mesures initiales*	6
e) Conditions des spécimens pendant l'essai*	7
f) Fonctionnement et mise sous tension en cours d'essai	7
g) Reprise et durée*	8
h) Mesures finales* et examen visuel éventuel	9
i) Critères d'acceptation ou de rejet*	9

11 Renseignements à donner dans le rapport d'essai

Les renseignements à donner dans le rapport d'essai sont les suivants:

- méthode d'essai;
- durée des essais;
- préconditionnement;
- méthode et résultats des mesures initiales;
- conditions et durée de l'essai;
- fonctionnement et mise sous tension pendant l'essai;
- reprise et durée;
- méthode utilisée et résultats des mesures finales;
- augmentation individuelle de masse des échantillons de cuivre en $\text{mg}/(\text{dm}^2 \times \text{jour})$;
- tout écart par rapport à la norme.

Annexe A (normative)

Coupons de cuivre pour le contrôle de la corrosivité

A.1 Généralités

Les coupons de cuivre sont exposés en même temps que le spécimen d'essai pour contrôler la conformité de l'essai aux limites définies dans la présente norme. L'augmentation de masse des coupons doit être utilisée pour mesurer cette conformité.

A.2 Nature et dimension

Ces coupons doivent être découpés dans des plaques en cuivre OFHC demi-dur (Cu-OF, selon la norme ISO 431) d'une épaisseur maximale de 0,5 mm; chaque coupon doit avoir une surface totale comprise entre 0,1 dm² à 0,2 dm². La surface du coupon est une surface pratiquement sans défaut (exempte de pores, de marques, de rayures et de toute coloration légère) et présente un fini mat (écart arithmétique moyen du profil $R_a = 0,15 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$).

A.3 Méthode de nettoyage

Avant le début de l'essai, les coupons de cuivre doivent être nettoyés comme indiqué ci-dessous, puis pesés à l'aide d'une balance dont la résolution est de 0,01 mg et placés dans un dessiccateur comportant un agent déshydratant non corrosif pendant 120 h au maximum.

La procédure de nettoyage des coupons de cuivre doit comporter les étapes suivantes:

- dégraissage cathodique dans 1 N NaOH pendant 15 s à 30 s, entre 5 V à 10 V en utilisant une anode en acier inoxydable, ou mieux en platine;
- rinçage à l'eau courante;
- rinçage avec une eau déminéralisée;
- activation par trempage dans une solution de H₂SO₄ à 10 % pendant 20 s à 30 s;
- rinçage à l'eau courante;
- rinçage à l'eau déminéralisée;
- rinçage à l'alcool: alcool éthylique dénaturé ou alcool isopropylique;
- séchage à l'air chaud (environ 50 °C).

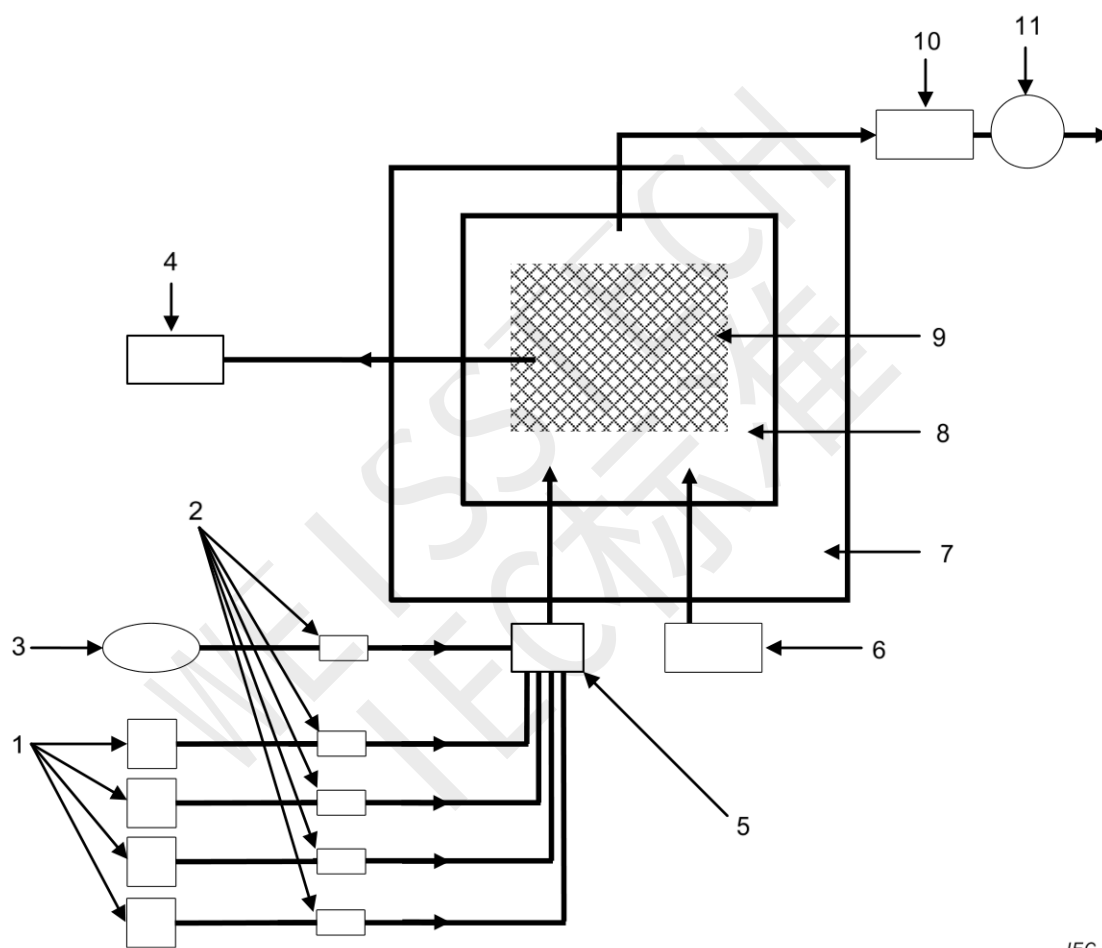
Les solutions doivent toutes être préparées avec de l'eau déminéralisée, de qualité au moins égale à celle utilisée dans le système climatique.

Annexe B (informative)

Description de l'appareil d'essai

B.1 Généralités

L'équipement d'essai est constitué par un système climatique, une chambre d'essai, un système de production de gaz et des systèmes d'analyse des gaz. Un exemple d'appareil d'essai est donné à la Figure B.1.



IEC

Légende

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 Source de gaz | 7 Chambre de de conditionnement |
| 2 Régulateur de débit | 8 Chambre d'essai |
| 3 Alimentation d'air | 9 Volume de travail |
| 4 Système d'analyse de gaz | 10 Filtre chimique |
| 5 Chambre de mélange de gaz | 11 Pompe |
| 6 Source d'humidité | |

Figure B.1 – Exemple d'appareil d'essai

B.2 Système climatique

Le système climatique fournit l'air humidifié à la chambre d'essai. Une façon courante consiste à faire barboter de l'air sous pression dans un bain d'eau maintenu à une température supérieure à la température du point de rosée nécessaire pour obtenir l'humidité voulue. Pour le calcul de la température, il convient de tenir compte de toute addition d'air sec dans l'atmosphère d'essai. Il convient que l'humidité relative de l'air dans la chambre d'essai soit vérifiée périodiquement et la température du bain d'eau ajustée en conséquence.

Il convient que l'air sous pression ne contienne ni huile ni produit polluant. Il convient d'utiliser un ou plusieurs pièges à huile, des filtres à huile et des filtres chimiques comme par exemple une combinaison de charbon actif et un tamis moléculaire qu'il y a lieu de régénérer à des intervalles réguliers. On peut aussi utiliser de l'air synthétique. Il convient d'utiliser de l'eau distillée ou désionisée.

L'air humidifié peut être introduit dans la chambre d'essai par la méthode décrite sur la Figure B.1. Dans ce cas, l'air de la chambre d'essai est extrait par aspiration, ce qui produit une dépression dans cette dernière par rapport au compartiment extérieur. Cet air humidifié du compartiment extérieur est aspiré dans la chambre d'essai par un trou dont la taille conditionne la différence de pression entre les deux volumes. On règle le débit d'air extrait de la chambre d'essai pour assurer le renouvellement d'air spécifié par heure. La dépression à l'intérieur de la chambre d'essai, par rapport à la pression ambiante, peut poser des problèmes lors de l'utilisation de certains instruments lors de l'analyse des gaz.

B.3 Chambre d'essai

Les constituants de l'atmosphère d'essai sont chimiquement actifs, et sont donc capables d'adsorption, d'absorption, ou de réaction avec les matériaux de construction de la chambre d'essai et des tubes. Les matériaux recommandés pour la chambre d'essai sont le verre, le polyméthacrylate de méthyle (PMMA), le polytétrafluoréthylène (PTFE), le polyvinylidènefluorure (PVDF) et un acier inoxydable austénitique à 18 % Cr, 10 % Ni contenant comme éléments d'addition du Mo, du Ti, du Nb ou autres matériaux résistants afin d'augmenter la résistance vis-à-vis des composés chlorés, ce qui est essentiel pour cette application. On utilise souvent des quantités de gaz plus importantes que prévu, surtout dans le cas du chlore, pour obtenir les concentrations spécifiées dans le volume de travail. Avec certains types d'acier inoxydable, il se produit une corrosion dans la chambre d'essai. Dans le cas de chambres neuves, une période de "rodage" peut être nécessaire, pendant laquelle on obtiendra des taux d'adsorption des gaz anormalement élevés.

Il est recommandé de ne pas utiliser de chambre d'essai d'un volume inférieur à 0,1 m³.

La chambre d'essai peut avoir n'importe quelle forme. Avec une forme cylindrique, on obtient en général un flux d'air plus uniforme et un volume de travail plus grand, pour le même volume, que dans une chambre cubique.

Il est recommandé que la chambre d'essai ne permette qu'incidemment l'exposition aux rayons du soleil ou à toute autre source lumineuse.

Il convient que la chambre soit conçue de manière à permettre un nettoyage facile des parois et des autres éléments situés à l'intérieur. On peut éviter la condensation sur les parois en les chauffant à la température spécifiée, ou légèrement plus. On utilise en général une enveloppe d'air (éventuellement une chambre externe) ou d'eau.

Il convient d'équiper la chambre de passages étanches au gaz adaptés, permettant d'effectuer les mesures électriques et toutes les manipulations électriques ou mécaniques prévues dans l'essai.

L'atmosphère d'essai est injectée de préférence à travers une ou des ouvertures pratiquées dans le fond de la chambre et évacuée à travers une ou des ouvertures pratiquées dans la paroi opposée (haut de la chambre). Des diffuseurs peuvent être disposés en face de la ou des ouvertures afin d'assurer l'uniformité du flux d'air.

Les tubes d'évacuation peuvent être chauffés pour éviter la condensation et la corrosion.

L'agitation forcée de l'air est autorisée, pour obtenir une meilleure uniformité, à condition que les exigences décrites dans le Tableau 1 soient respectées. A cet effet, on peut utiliser des ventilateurs ou placer les objets sur un plateau tournant lentement. Les ventilateurs produisent en général des mouvements d'air turbulent qui tendent à accroître la corrosion. Pour éviter ce phénomène, la vitesse d'air en direction du spécimen d'essai doit être aussi réduite que possible. Avec un plateau tournant, la vitesse d'air n'est uniforme que pour un diamètre constant. Lorsque l'on utilise un ventilateur ou un plateau tournant, il convient de tenir compte de leur puissance de dissipation. Normalement, on peut éloigner suffisamment les ventilateurs des objets soumis à l'essai pour que la chaleur dissipée n'influe pas sur le déroulement des essais. En ce qui concerne les plateaux tournants, le moteur est en principe placé à l'extérieur de l'enceinte pour éviter la dissipation de chaleur à l'intérieur. On peut étudier les effets des ventilateurs et plateaux tournants avant utilisation (voir l'Article B.7).

B.4 Système de production de gaz

Il convient que l'adsorption ou l'absorption de gaz par le système de fourniture de gaz, par les tubes, par les valves, etc. ne soit pas trop importante, de manière à ne pas affecter la qualité des résultats d'essai. Les tubes sont en général en PTFE; les valves, etc. sont en général fabriquées dans un acier résistant aux acides, et les surfaces en contact avec les gaz sont de préférence recouvertes de PTFE. Le chlore, en particulier, attaque l'acier résistant aux acides en présence d'humidité.

Les gaz utilisés peuvent être fournis par des tubes à perméation, en utilisant de l'air purifié, de l'air synthétique ou de l'azote comme gaz vecteur. Une autre méthode consiste à utiliser des bouteilles de gaz, contenant de préférence un gaz dilué (dans de l'azote en général).

Il convient que les gaz utilisés soient suffisamment propres pour ne pas altérer la qualité des résultats d'essai. Le niveau de pureté recommandé pour des gaz actifs autres que le gaz spécifié est une concentration maximale égale à 0,1 % de la concentration du gaz actif; pour des gaz comme le monoxyde d'azote dans le dioxyde d'azote, des concentrations plus élevées sont autorisées, jusqu'à 10 % du gaz spécifié.

Pour la régulation des débits de gaz, des pompes doseuses, des orifices ou des débitmètres massiques peuvent être utilisés. Les débitmètres massiques sont recommandés pour réguler les gaz corrosifs dilués.

Il est souhaitable d'utiliser une chambre de mélange avant d'introduire des gaz corrosifs dans la chambre d'essai. Lors d'un mélange avec d'autres gaz corrosifs, il convient que la concentration des gaz corrosifs pris individuellement soit telle qu'elle permette d'éviter des réactions indésirables entre les gaz.

B.5 Système d'analyse

B.5.1 La température et l'humidité

Pour mesurer la température et l'humidité, des méthodes non affectées par les gaz corrosifs présents peuvent être utilisées. L'humidité et la température peuvent être contrôlées avant le mélange avec les gaz corrosifs dilués. Dans les appareils d'essai, comme ceux présentés sur la Figure B.1, cela peut se faire dans le compartiment extérieur. Dans ce cas, les réglages sont ajustés pour tenir compte du mélange avec les gaz corrosifs dilués. Il convient que la corrélation entre l'humidité et la température réelle dans la chambre d'essai et la température

et l'humidité mesurées dans le compartiment extérieur soit vérifiée périodiquement (normalement deux fois par an). Il est recommandé de limiter l'exposition de ces instruments aux environnements corrosifs de la chambre d'essai.

B.5.2 Gaz

Les tubes de prélèvement peuvent être chauffés pour éviter la condensation à l'intérieur. Il convient que l'humidité relative à l'intérieur des tubes soit au maximum de 80 %, et de préférence plus basse.

Il convient que les effets éventuels dus à la différence de pression entre la chambre d'essai et l'extérieur sur le fonctionnement des analyseurs de gaz soient vérifiés soigneusement. La plupart des instruments nécessitent des prélèvements de gaz à la pression atmosphérique. Le fait d'avoir des pressions négatives à l'intérieur de la chambre d'essai peut créer des difficultés d'évacuation de l'air en dehors de l'enceinte pour certains instruments, conduisant à des valeurs trop faibles. Une surpression est plus facilement gérée, car, dans ce cas, il est facile de réduire la pression à la pression atmosphérique.

Des exemples d'analyseurs qui peuvent être utilisés pour le dosage du dioxyde de soufre sont la fluorescence UV, la conductimétrie et la colorimétrie.

Pour analyser l'hydrogène sulfuré, la fluorescence UV, la chromatographie gazeuse avec détection par photométrie de flamme, l'adsorption sur un capteur à couche d'or (interférence avec NO_2), la conductimétrie ou la colorimétrie peuvent être utilisées.

Pour doser le dioxyde d'azote, la chimiluminescence ou la colorimétrie peuvent être utilisées.

Le chlore gazeux (Cl_2) peut être mesuré par des méthodes électrochimiques ou colorimétriques. Les deux méthodes sont affectées par la présence des autres gaz corrosifs utilisés dans l'atmosphère d'essai. L'analyse du chlore peut donc être faite seulement en l'absence des autres gaz.

Quand tous les gaz sont mélangés, le chlore total peut être analysé par chromatographie ionique. La teneur en chlore mesurée de cette façon est prise comme mesure de la concentration en chlore gazeux.

Il convient que les analyseurs utilisés soient étalonnés en suivant les instructions du fabricant. De plus, il convient que tous les analyseurs soient étalonnés périodiquement avec des gaz comme source d'étalonnage. Pour les analyseurs à fluorescence-UV, il convient d'utiliser de l'air comme gaz vecteur des sources d'étalonnage au gaz, car des valeurs différentes sont obtenues quand on utilise l'azote au lieu de l'air.

Il est aussi important de savoir que plusieurs analyseurs (comme par exemple la fluorescence-UV pour l'analyse de SO_2) sont sensibles à l'humidité relative. Il peut être difficile d'obtenir la même humidité relative dans le gaz vecteur du système d'étalonnage que dans le tube de prélèvement. Dans ce cas, on compare les valeurs obtenues avec de l'air pur provenant de la chambre d'essai (qui se trouve à la même température, à la même humidité, au même débit et avec un chauffage des tubes identique que lors des prélèvements de gaz), avec les valeurs obtenues avec le gaz vecteur pur provenant du système d'étalonnage. Lors de l'analyse de gaz corrosifs provenant de la chambre d'essai, la lecture est ajustée en conséquence.

B.6 Autres méthodes de contrôle de la corrosion

B.6.1 Augmentation de masse

Pour mesurer l'augmentation de masse du cuivre, il convient d'utiliser une balance avec une résolution de 0,01 mg.

Il convient que la balance soit étalonnée immédiatement avant de peser les coupons de contrôle de la corrosivité.

Pour le contrôle de la corrosivité par gain de masse du cuivre ou de l'argent, une microbalance à quartz peut être utilisée. Comme le cuivre déposé sur les cristaux de quartz ne peut pas être nettoyé selon la méthode décrite dans l'Annexe A, il convient que la méthode soit étalonnée par comparaison avec les mesures de gain de masse des échantillons de cuivre nettoyés selon la norme et pesés sur une balance analytique normale.

B.6.2 Analyse de surface des échantillons pour le contrôle

Des investigations sur les couches de corrosion formées à la surface des échantillons exposés selon l'une des quatre méthodes décrites dans cette norme donnent des informations complémentaires sur la nature, la composition chimique, la structure de couche et l'épaisseur des produits de corrosion.

Des méthodes appropriées comme la réduction coulométrique, la voltamétrie cyclique, la microanalyse aux rayons X (SEM EDS, WDS ou microsonde), la spectroscopie des électrons Auger (AES), la spectrométrie de masse par émission ionique secondaire (SIMS), la spectroscopie électronique pour analyse chimique (ESCA), sont des techniques instrumentales utilisables pour ces études.

B.6.3 Examen visuel

Comme matériaux supplémentaires de contrôle de la corrosivité et pour déterminer le mécanisme majoritaire de la corrosion, il est recommandé d'utiliser des coupons recouverts d'or ou d'autres échantillons.

Le mécanisme majoritaire rencontré dans les Méthodes 1, 2 et 4 est la corrosion par les pores et la corrosion par migration dans le cas de la Méthode 3.

B.7 Etalonnage de la chambre d'essai

Il convient que le volume de travail d'une chambre neuve ou d'une chambre où ont été effectués des changements de forme et de débit d'air soit défini en utilisant des coupons de cuivre. Les coupons de cuivre (nettoyés selon l'Annexe A) sont placés en différents points à l'intérieur de la chambre, au minimum trois coupons en chaque point.

Le remplissage maximal de la chambre d'essai peut aussi être estimé en utilisant des coupons de cuivre. Quand le remplissage est maximal, il convient que la corrosivité reste dans les tolérances du Tableau 1. Il convient de noter que les matériaux organiques peuvent absorber autant, voire plus, de gaz corrosifs que les matériaux métalliques.

Annexe C (informative)

Guide pour la sélection des méthodes et des durées d'essai

C.1 Remarques préliminaires

La corrosion des produits électrotechniques, en stockage ou en fonctionnement à l'intérieur de bâtiments, est affectée par des facteurs climatiques comme la température, l'humidité relative, la vitesse d'air et le gradient de variation de la température et de l'humidité. De plus, les polluants gazeux affectent sérieusement la vitesse de corrosion aussi bien que le développement des différents mécanismes de corrosion. Des contaminants sur la surface, comme la poussière, l'huile et les composés libérés par les matières plastiques peuvent affecter la vitesse et le mécanisme de corrosion.

Tous les gaz utilisés dans les atmosphères d'essai ont des origines naturelles; cependant, certains gaz polluants sont majoritaires dans l'environnement de différents sites:

- le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote dans les environnements de combustion des combustibles fossiles et dans la circulation automobile;
- l'hydrogène sulfuré à proximité des industries pétrochimiques et des aciéries, des décharges de matière organique, de l'eau stagnante et des abris pour animaux;
- l'hydrogène sulfuré et les composés chlorés à proximité des industries de pâte à papier.

Les méthodes d'essais de cette norme ne sont pas conçues pour s'appliquer à un type particulier d'environnement. Les méthodes d'essai ont été choisies pour former les produits de corrosion observés sur le site, sur des matériaux normalement utilisés dans l'électrotechnique.

C.2 Rôle des gaz corrosifs utilisés dans les essais

L'hydrogène sulfuré a une influence corrosive importante sur beaucoup de métaux, particulièrement sur l'argent et sur le cuivre.

Dans la Méthode 1, il y a un effet de synergie entre le dioxyde de soufre et l'hydrogène sulfuré. Ceci implique qu'une enceinte et les tuyaux utilisés pour un essai avec de l'hydrogène sulfuré ne peuvent pas être utilisés pour un essai de corrosion avec du dioxyde de soufre pur. Dans la Méthode 4, le dioxyde de soufre est ajouté, car ce gaz a un effet corrosif sur le nickel, mais aussi sur l'acier et le zinc.

Dans les Méthodes d'essai 2 à 4, le dioxyde d'azote est utilisé principalement comme oxydant.

Le chlore est rarement observé en tant que polluant majoritaire sur un site. Dans les Méthodes d'essais 2 à 4, il est en partie utilisé comme oxydant et en partie comme composé chloré. Le chlorure formé par réduction a la capacité de traverser les couches d'oxyde présentes sur les surfaces métalliques. Du fait de cette double action, le chlore présente un effet de synergie important quand il est combiné, en particulier avec l'hydrogène sulfuré. A cause de cet effet de synergie important et à cause de ce que l'on appelle l'«effet de mémoire» (à savoir qu'il est difficile d'éliminer complètement les composés chlorés de la chambre, des tubes, etc.) il est recommandé que des enceintes et des tubes utilisés pour des essais comprenant du chlore soient uniquement utilisés dans les essais au chlore.

C.3 Utilisation des différentes méthodes d'essai

Bien que le cuivre soit considéré comme un bon matériau de contrôle, son augmentation de masse au cours de l'essai n'est pas, en général, représentative de la corrosion des autres échantillons métalliques.

La Méthode d'essai 1 peut être utilisée comme essai de corrosion par les pores sur les revêtements d'or. Une durée d'essai de 10 jours convient pour les surfaces revêtues d'or et exposées découvertes.

La Méthode d'essai 1 peut aussi être utilisée pour soumettre à essai des contacts avec des revêtements d'or, contacts utilisés dans des environnements peu sévères (par exemple des centres de télécommunication situés dans des environnements «propres»). Dans ce cas, une durée de 10 à 21 jours est appropriée.

Les Méthodes d'essai 2 et 4 conviennent pour les produits électrotechniques destinés à être utilisés dans des environnements modérément corrosifs. De tels environnements peuvent être rencontrés dans des centres de télécommunication, dans la plupart des bureaux et dans quelques salles des machines de l'industrie. Dans ces environnements, le mécanisme majoritaire de corrosion sur les revêtements d'or est la corrosion par les pores.

La Méthode d'essai 3 convient pour des environnements plus corrosifs. De tels environnements peuvent être rencontrés dans des salles des machines de l'industrie et dans quelques sites industriels. Dans ces environnements, les revêtements d'or sont exposés à la corrosion par les pores et à la corrosion par migration des produits.

Dans les Méthodes d'essai 2 à 4, des durées d'essais de quatre à sept jours sont utiles pour une vérification visuelle des revêtements. L'aspect est influencé par les matériaux utilisés. Des durées d'essai de 4 à 10 jours conviennent pour des produits qui ont une courte durée de vie, et des durées de 7 à 21 jours pour des produits dont les exigences de fiabilité et de durée de vie sont supérieures.

Bibliographie

- [1] Shigeo Suga, Shin Watanabe, Kohei Saito, Low-concentration chlorine gas measurement technology and its application to gas corrosion test instruments, *Proceedings of 25th Kenkyuhappyoukai*, Materials Life Society Japan, pp.65-70, July 2014
- [2] Shigeo Suga, Kohei Saito, Developing New Gas Corrosion Test Instrument with "Chamber Exchange System", *Proceedings of the 24th annual RCJ reliability symposium*, Reliability Center for Electronic Components of Japan, pp.194-201, October 2014

WEI'SSTECH
IEC标准

WEI SSTECH
IEC标准

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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