

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

**Test methods for electroheating installations with electron guns**

**Méthodes d'essai des installations électrothermiques comportant des canons à électrons**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://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.

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

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

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

### A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60703

Edition 2.0 2008-10

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Test methods for electroheating installations with electron guns**

**Méthodes d'essai des installations électrothermiques comportant des canons à électrons**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

N

ICS 25.180.10

ISBN 2-8318-1003-6

## CONTENTS

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                       | 3  |
| 1 Scope and object.....                                             | 5  |
| 2 Normative references .....                                        | 5  |
| 3 Terms and definitions .....                                       | 5  |
| 4 General test requirements .....                                   | 7  |
| 4.1 Test procedure .....                                            | 7  |
| 4.2 Test intervals .....                                            | 8  |
| 4.3 Ambient conditions .....                                        | 8  |
| 5 Test of auxiliary facilities .....                                | 8  |
| 5.1 Assembly check .....                                            | 8  |
| 5.2 Test of electrical equipment.....                               | 9  |
| 5.2.1 General .....                                                 | 9  |
| 5.2.2 Continuity of return conductor and equipotential bonding..... | 9  |
| 5.2.3 Test of safety interlocks and alarm system .....              | 9  |
| 5.3 Test of liquid cooling system .....                             | 9  |
| 5.4 Test of actuation systems.....                                  | 9  |
| 5.5 Vacuum test .....                                               | 9  |
| 6 Test of electron gun system.....                                  | 10 |
| 6.1 Electron gun.....                                               | 10 |
| 6.1.1 Condition of parts .....                                      | 10 |
| 6.1.2 Moveable parts.....                                           | 10 |
| 6.1.3 Insulation resistance tests .....                             | 10 |
| 6.2 High-voltage power supply including cables .....                | 10 |
| 6.2.1 Earthing system.....                                          | 10 |
| 6.2.2 Safety installation.....                                      | 10 |
| 6.2.3 High voltage connectors .....                                 | 10 |
| 6.2.4 Calibration of internal measurement systems.....              | 11 |
| 6.2.5 Test of over-current protection device.....                   | 11 |
| 6.3 Test of electron beam bending system .....                      | 11 |
| 6.4 Test of electron beam deflection system.....                    | 11 |
| 6.5 Test of electron beam focusing system.....                      | 12 |
| 7 Production run tests .....                                        | 12 |
| 7.1 Properties of beam deflection .....                             | 12 |
| 7.1.1 Deflection limits .....                                       | 12 |
| 7.1.2 Frequency response .....                                      | 12 |
| 7.1.3 Linearity of deflection angle.....                            | 12 |
| 7.2 Rated power test .....                                          | 12 |
| 7.3 Testing of electron beam parameters .....                       | 13 |
| 7.3.1 Beam power .....                                              | 13 |
| 7.3.2 Beam diameter .....                                           | 13 |
| 7.4 Measurement of surface temperature of heated devices .....      | 13 |
| 7.5 Long-term stability under hot run conditions .....              | 13 |
| 7.6 X-ray test .....                                                | 13 |
| 7.7 Testing related to electromagnetic effects .....                | 14 |
| Table 1 – Ambient conditions for tests .....                        | 8  |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST METHODS FOR ELECTROHEATING  
INSTALLATIONS WITH ELECTRON GUNS**

## 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 60703 has been prepared by IEC technical committee 27: Industrial electroheating equipment.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1981 and constitutes a technical revision.

The significant changes with respect to the previous edition are as follows:

- the latest edition of IEC 60519-7 has been taken into account;
- test requirements have been completed with new items important for testing and acceptance of installations.

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

|            |                  |
|------------|------------------|
| CDV        | Report on voting |
| 27/628/CDV | 27/648/RVC       |

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.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

## TEST METHODS FOR ELECTROHEATING INSTALLATIONS WITH ELECTRON GUNS

### 1 Scope and object

This International Standard applies to electroheating installations comprising one or more electron guns as heating source.

The object of this standard is the standardization of test methods to determine the essential parameters, technical data and characteristics of electroheating installations comprising one or more electron guns.

The standard does not contain a mandatory list of tests and is not restrictive. Tests may be selected from the proposed list. The specification established by agreement between the user and the manufacturer of electroheating installations can supplement these recommendations but should not be in contradiction with them.

### 2 Normative references

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

IEC 60050-841:2004, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 841: Industrial electroheat*

IEC 60204-1:2005, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60204-11:2000, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV*

IEC 60398:1999, *Industrial electroheating installations – General test methods*

IEC 60519-1:2004, *Safety in electroheat installations – Part 1: General requirements*

IEC 60519-7:2008, *Safety in electroheat installations – Part 7: Particular requirements for installations with electron guns*

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-841, IEC 60519-7 (some of which are repeated here) and the following apply.

#### 3.1

##### **electron beam**

electron flux emitted from one source (cathode or plasma) and moving along the exactly determined tracks at very great velocities

[IEV 841-30-01, modified]

### 3.2

#### **electron (beam) gun**

system of generating, forming and accelerating one or more electron beams

[IEV 841-30-08, modified]

### 3.3

#### **anode** (of an electron gun)

electrode capable of educing and accelerating electrons from the medium of lower conductivity

[IEV 841-22-31, modified]

### 3.4

#### **cathode** (of an electron gun)

electrode capable of emitting electrons from the medium of low conductivity and also of receiving positive carriers, if necessary

[IEV 841-22-32, modified]

### 3.5

#### **beam accelerating voltage**

potential difference between the cathode and the anode, to generate an electric field for acceleration of the electrons

[IEV 841-30-29]

### 3.6

#### **high-voltage power supply**

source of the acceleration voltage and of the emission current for electron guns

### 3.7

#### **return conductor**

electrical interconnection between the high-voltage power supply (positive pole) and anodic part of the electron gun system including the vacuum chamber around the workpiece

### 3.8

#### **interlock**

device that prevents activation of a piece of equipment when any form of hazard or danger exists

### 3.9

#### **vacuum chamber**

enclosed space of a vacuum plant constructed in such a way that it can withstand a rarefied atmosphere inside, in which the workpiece to be treated is placed

### 3.10

#### **electron gun chamber**

vacuum chamber in which the electron gun is located

NOTE This chamber may be separated from the workpiece by an aperture, so that between the electron gun and the workpiece a pressure difference can be established.

### 3.11

#### **electron beam deflection system**

electromagnetic coil or deflecting electrodes system, applied to place the beam to different working positions or move the beam over the charge heating surface

[IEV 841-30-25, modified]

**3.12****electron beam bending system**

electromagnetic coil or permanent magnet for changing the direction of the electron beam outside the electron gun

**3.13****electron beam focusing system**

electromagnetic coil, system of coils or capacitor plates for focusing the electron beam over the charge heating surface

[IEV 841-30-27, modified]

**3.14****beam pattern**

image created by a cyclic time function of electron beam positions or a superposition of such cycles

**3.15****maximum deflection angle**

angle between electron beam attitude without any deflection and at maximum activation in one direction

**3.16****deflection limits**

limits of a defined area that may proceed with the electron beam without danger for the equipment at reasonable power distribution

**3.17****maximum deflection frequency**

frequency, at which the amplitude of the deflected beam is reduced to one half in relation to a static deflection caused by the dynamic performance of the complete deflection system

**3.18****beam power**

product of electron beam current and acceleration voltage

**3.19****cathode current**

electron current flowing from cathode

NOTE 1 The electron beam current arriving at the workpiece may either be lower than the cathode current, or up to several orders of magnitude larger than the emission current if ion bombardment is also present.

NOTE 2 There is a difference between the possible emission current and the circulated current; cathode current is limited by the space charge.

**3.20****rated power (of an electron gun)**

product of acceleration voltage and cathode current

**4 General test requirements****4.1 Test procedure**

The test procedure includes tests and measurements, which can be grouped as follows:

- a) Tests of auxiliary facilities (Clause 5);
- b) Tests of electron gun system (Clause 6);
- c) Production run tests (Clause 7).

The tests of group a) shall be finished before proceeding to the group b) tests. The test procedure shall include all relevant tests of groups a) and b). Production run tests of group c) are only recommendations, their necessity depends on the beam properties requested by the application.

## 4.2 Test intervals

The test procedure shall be carried out immediately

- after the erection of the electron beam gun installation,
- after general repair work,
- after an accident caused by the electron beam gun installation,
- after substantial modifications of the installation.

The test procedure shall be repeated at least once a year. A shorter period may be determined by the manufacturer or by the user of the installation.

After a repair of a single component the relevant test(s) is also required and may be limited to functionalities directly influenced by this component.

## 4.3 Ambient conditions

The tests shall be carried out in the ambient conditions stated in Table 1, unless other conditions are specified by the manufacturer.

**Table 1 – Ambient conditions for tests**

|                                                                                                                                                            |    |         |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|-------|
| Ambient temperature                                                                                                                                        | °C | Normal  | 20    |
|                                                                                                                                                            |    | Minimum | 15    |
|                                                                                                                                                            |    | Maximum | 40    |
| Relative humidity                                                                                                                                          | %  | Maximum | 85    |
| Altitude above sea level                                                                                                                                   | m  | Maximum | 1 000 |
| NOTE When the ambient conditions are beyond the values listed in this table, the measured values shall be corrected in accordance with the relevant rules. |    |         |       |

The ambient temperature is considered as an average value. All quantities dependent on the temperature shall refer to the ambient temperature of 20 °C, the so-called reference ambient temperature.

## 5 Test of auxiliary facilities

### 5.1 Assembly check

Completeness and integrity of equipment of the electron gun installation shall be verified. Particular attention shall be given to:

- safety appliances and danger signs,
- lock-out devices,
- X-ray shields including lead glass view ports.

## **5.2 Test of electrical equipment**

### **5.2.1 General**

Basically, the test of electrical equipment including control system shall be carried out in accordance with IEC 60204-1, IEC 60398 and IEC 60204-11. Special test procedures for the electrical equipment for electroheat installations with electron guns are stated in the following subclauses. Special tests for electron guns and the high-voltage supply are given in Clause 6.

### **5.2.2 Continuity of return conductor and equipotential bonding**

The return conductor and equipotential bonding shall be visually inspected for compliance with IEC 60519-1 and IEC 60519-7 and a check for tightness of the connections shall be made.

The continuity of the protective bonding and the return conductor shall be verified by injecting current of at least 10 A at 50 Hz or 60 Hz derived from an electrically separated extra low voltage source for a period of at least 10 s. Deviating from IEC 60204-1, the measured voltage drop shall not exceed 1,0 V in the case of return conductor and equipotential bonding between process chamber, electron gun and the high-voltage supply.

### **5.2.3 Test of safety interlocks and alarm system**

The test shall be performed in accordance with IEC 60398.

Special care should be given to the interlocks for the acceleration voltage and, if it exists, to the automatic earthing system (see 6.2.1 and 6.2.2).

When testing interlocks, only the control circuits shall be live. The power circuits should be only switched on for tests of monitoring circuits, which need these voltages.

## **5.3 Test of liquid cooling system**

The test shall be carried out in accordance with IEC 60398. If some parts and electrical devices cannot withstand 1,5 times the maximum pressure, for example double wall vacuum chambers, turbo molecular pumps and heat exchangers in electrical cabinets, they shall be bypassed or disconnected and individually tested according to manufacturer's instructions.

## **5.4 Test of actuation systems**

The electron beam installation may be equipped with different actuation systems like compressed air, hydraulics and electric motion systems. These systems shall be tested according to the relevant standards and manufacturer's instructions. Particular attention shall be given to:

- protective devices against overload and mechanical malfunction,
- means to safeguard personnel against dangerous movements.

## **5.5 Vacuum test**

Measurement shall be carried out using an ionization vacuum gauge when the installation is clean.

A pressure of  $10^{-2}$  Pa or lower shall be attained in the electron gun chamber, when the cathode is cold. For this measurement, the vacuum chamber shall be separated from the gun chamber, or if not possible, the vacuum chamber shall be cleaned and no workpiece shall be placed inside the chamber.

After heating up, the cathode shall be degassed for 30 min, then a pressure of  $5 \times 10^{-2}$  Pa or lower shall be attained.

The required pressure for the vacuum chamber depends on the process and the kind of separation between a gun chamber and vacuum chamber. In any case, the pressure inside the gun chamber shall be below the level of  $5 \times 10^{-2}$  Pa also in the case of maximum specified process pressure inside the vacuum chamber.

## **6 Test of electron gun system**

### **6.1 Electron gun**

#### **6.1.1 Condition of parts**

The individual parts of the electron gun shall be checked regarding cleanness, tightness and adjustment according to the manufacturer's maintenance instruction. Particular care should be given to the cathode system.

#### **6.1.2 Moveable parts**

If the electron gun has any moveable parts, like for example a vario cathode or vario anode, the movement shall be checked regarding smooth running, limits and accuracy of positioning.

#### **6.1.3 Insulation resistance tests**

The insulation resistance between high voltage conductors and ground shall be measured according to Clause 19 of IEC 60204-11 (2000).

### **6.2 High-voltage power supply including cables**

#### **6.2.1 Earthing system**

##### **6.2.1.1 Test of earthing stick**

All parts of the earthing stick, the earthing cable as well as the connections to ground and to the hooks shall be carefully inspected. Damaged parts shall be replaced, immediately.

##### **6.2.1.2 Test of automatic earthing systems**

Connection wires, contacts and control devices shall be checked visually.

Beside the test of reliable operation of each earthing device, it is also necessary to check the monitoring circuits for earth connection. For this purpose, a piece of paper is put between the contacts. The simulation of this failure may only be done as long as power circuits are switched off in a safe way.

#### **6.2.2 Safety installation**

Beside the test of reliable operation of each safety device and the right assignment, it is also necessary to check whether the monitoring circuits for redundant elements can detect a single failure. The simulation of such a failure may only be done as long as power circuits are switched off in a safe way.

#### **6.2.3 High voltage connectors**

The insulation resistance between high voltage conductors and ground shall be measured according to Clause 19 of IEC 60204-11 (2000). Connections to ground or other potentials shall be temporarily disconnected for the measurement.

The cleanness of connectors and the right assignment of the high voltage cables to the connectors at high voltage supply and electron gun shall be carefully checked.

#### **6.2.4 Calibration of internal measurement systems**

The measurement of acceleration voltage and return current shall be calibrated periodically. The reference measuring instruments shall have an accuracy of at least class 0,5. The same accuracy is necessary for voltage divider and shunts, if they are used for the calibration.

In the case that the power is calculated by means of an analogue multiplier, this device shall be calibrated, too.

NOTE In most cases, it is not possible for the high voltage supply to measure the real beam current. The return current may be used as an equivalent.

#### **6.2.5 Test of over-current protection device**

##### **6.2.5.1 Testing with a short circuit**

The current drawn from the high-voltage power supply shall be increased to a level higher than its rated value, and the over-current control device shall operate at the specified current. The preferred method of performing this test is to apply a short circuit to the output terminals of the high-voltage supply taking suitable precautions to avoid damage to equipment and hazard to personnel.

##### **6.2.5.2 Test of the normal functioning of the over-current protection device**

Before rated power tests may be carried out, the normal functioning of the over-current protection device shall be first tested by increasing the emission current above its rated value, in accordance with the manufacturer's specification.

#### **6.3 Test of electron beam bending system**

The performance of a bending system may be checked with the help of a reference beam pattern. This pattern is created during the first installation corresponding to fix points inside the chamber, at the crucible or the work piece support, respectively. The stored reference beam pattern shall be applied on a regular basis under similar conditions (acceleration voltage, beam power, bending current) to check the stability of the bending system.

Alternatively, the magnetic field can be measured at several defined points (for example at a virtual grid in the plane of the bended gun axis). If the magnetic field is generated by an electromagnetic coil, the magnetic field shall be recorded as well as the corresponding current through the coil.

#### **6.4 Test of electron beam deflection system**

Before using the electron gun in production, the following properties of the deflection system shall be checked:

- the condition of cables, connectors and amplifiers (visual check),
- coil resistance or inductance and insulation resistance (see 6.5),
- the right assignment of deflection directions,
- the correlation between deflection angle and coil current,
- the functioning of the amplifiers and
- the functioning of electron beam interlock in case of deflection system faults.

The parameters of the beam deflection shall be tested under hot run conditions (see 7.1).

## 6.5 Test of electron beam focusing system

The test of the focusing system includes:

- a visual check of cables, connectors and amplifiers,
- the measurement of coil resistance or coil inductance,
- the insulation resistance measurement from coils to ground and to the coils of the deflection system and
- checking the functioning of the amplifiers.

The insulation resistance shall have a value higher than 100 kΩ. It shall be measured at extra-low voltage only.

## 7 Production run tests

### 7.1 Properties of beam deflection

#### 7.1.1 Deflection limits

The deflection system should have the possibility to define limits, which restrict a processing area for the beam. Before the electron beam is made visible with an adequate pattern at a sample, preliminary limits are set to start the test with a small processing area. After checking the effectiveness of the limits for the beam deflection, the processing area may be enlarged step by step.

#### 7.1.2 Frequency response

For detection of the maximum deflection frequency, the beam pattern is made visible by bombarding a sample with the electron beam. In the case of deflection in two directions, a circle should be the preferred pattern. Starting with a low deflection value (lower than one tenth of the expected maximum), the frequency is being increased till the pattern is reduced to half of its size. The test pattern size shall be 10 % of the maximum deflection angle, unless other conditions are specified by the manufacturer.

#### 7.1.3 Linearity of deflection angle

A beam pattern is made visible by bombarding a sample with the electron beam. In the case of deflection in two directions, a circle should be the preferred pattern. The pattern is drawn with a frequency much lower than the maximum deflection frequency. The amplitude is increased in 5 to 10 equal steps from 10 % to 100 % of the maximum deflection angle.

In case that the equipment does not allow to operate the gun with its maximum deflection angle, the test is determined by the deflection limits.

### 7.2 Rated power test

The rated power is defined as the product of the cathode current and the acceleration voltage. The cathode current is measured as return current at the cold end of the acceleration voltage supply.

To reduce risks for service personnel, the internal measurement devices of high-voltage supply can be used for identification of rated power, after calibration according to 6.2.4.

### 7.3 Testing of electron beam parameters

#### 7.3.1 Beam power

A workpiece or collector is installed, electrically insulated inside the vacuum chamber and connected via a shunt with low resistance to the return conductor. The beam current is given by the resistance of the shunt and the measured voltage drop over the shunt. The beam power is the product of this current and the acceleration voltage.

NOTE A damaged shunt can cause dangerous voltages at the measurement connection to the workpiece.

#### 7.3.2 Beam diameter

##### 7.3.2.1 Collector with slit

The beam is scanned via a collector with a slit. The period is measured, when the current flowing via the collector is less than 10 % of the beam current. Drawing a circle on a collector with radial arranged slits allows the measurement of the beam dimension in several directions.

##### 7.3.2.2 Drilling test

A hole is drilled by the beam into a sample located next to the workpiece. It shall be ensured that heat from the workpiece does not influence the size of the hole.

The shape of the spot should be visually inspected in order to detect the focusing symmetry.

NOTE The beam diameter is also influenced by the beam current and vacuum conditions.

### 7.4 Measurement of surface temperature of heated devices

The temperature measurement shall be done by a thermocouple, resistance thermometer or pyrometer according to IEC 60398.

### 7.5 Long-term stability under hot run conditions

The installation with electron gun is operated under nominal conditions.

Voltages and currents for supply of the cathode system and the gun shall attain stable values according to the specifications after at the latest 30 min.

After 8 h run, it shall be checked whether heat or radiation cause changes or destructions at components of the installation. Special care shall be given to:

- the condition of cathode system,
- the mobility of moveable parts,
- vacuum and water seals,
- the condition of crucibles, supports, shielding and similar equipment.

### 7.6 X-ray test

The test shall be carried out in accordance with national requirements.

The X-ray emission test shall be carried out after any replacement of X-ray shielding of relevant parts of the gun chamber and vacuum chamber.

### **7.7 Testing related to electromagnetic effects**

The measurements connected with EMC issues and influence of electromagnetic fields on people according to 6.4 of IEC 60519-1 (2003) apply.

---



## SOMMAIRE

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS.....                                                        | 17 |
| 1 Domaine d'application et objet.....                                    | 19 |
| 2 Références normatives.....                                             | 19 |
| 3 Termes et définitions.....                                             | 19 |
| 4 Exigences générales pour les essais.....                               | 22 |
| 4.1 Méthode d'essai.....                                                 | 22 |
| 4.2 Périodicité des essais.....                                          | 22 |
| 4.3 Conditions ambiantes.....                                            | 22 |
| 5 Essai des appareils auxiliaires.....                                   | 23 |
| 5.1 Vérification d'ensemble.....                                         | 23 |
| 5.2 Essai de l'équipement électrique.....                                | 23 |
| 5.2.1 Généralités.....                                                   | 23 |
| 5.2.2 Continuité du conducteur de retour et liaison équipotentielle..... | 23 |
| 5.2.3 Essai des verrouillages de sécurité et du système d'alarme.....    | 23 |
| 5.3 Essai du système de refroidissement par liquide.....                 | 23 |
| 5.4 Essai des systèmes de manœuvre.....                                  | 23 |
| 5.5 Essai sous vide.....                                                 | 24 |
| 6 Essai du système à canon à électrons.....                              | 24 |
| 6.1 Canon à électrons.....                                               | 24 |
| 6.1.1 Parties individuelles.....                                         | 24 |
| 6.1.2 Parties mobiles.....                                               | 24 |
| 6.1.3 Essais de résistance d'isolement.....                              | 24 |
| 6.2 Alimentation à haute tension y compris les câbles.....               | 24 |
| 6.2.1 Système de mise à la terre.....                                    | 24 |
| 6.2.2 Installation de sécurité.....                                      | 25 |
| 6.2.3 Connecteurs à haute tension.....                                   | 25 |
| 6.2.4 Calibration des systèmes de mesures internes.....                  | 25 |
| 6.2.5 Essai du dispositif de protection contre les surintensités.....    | 25 |
| 6.3 Essai du système de cintrage du faisceau électronique.....           | 25 |
| 6.4 Essai du système de déflexion du faisceau électronique.....          | 26 |
| 6.5 Essai du système de mise au point du faisceau électronique.....      | 26 |
| 7 Essais de campagne de production.....                                  | 26 |
| 7.1 Propriétés de déflexion du faisceau.....                             | 26 |
| 7.1.1 limites de déflexion.....                                          | 26 |
| 7.1.2 Réponse en fréquence.....                                          | 26 |
| 7.1.3 Linéarité de l'angle de déflexion.....                             | 27 |
| 7.2 Essai à la puissance assignée.....                                   | 27 |
| 7.3 Essai des paramètres du faisceau électronique.....                   | 27 |
| 7.3.1 Puissance du faisceau.....                                         | 27 |
| 7.3.2 Diamètre du faisceau.....                                          | 27 |
| 7.4 Mesure de la température de surface des dispositifs chauffés.....    | 27 |
| 7.5 Stabilité à long terme en conditions de campagne de production.....  | 28 |
| 7.6 Essai aux rayons X.....                                              | 28 |
| 7.7 Essai relatif aux effets électromagnétiques.....                     | 28 |
| Tableau 1 – Conditions ambiantes pour les essais.....                    | 22 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES D'ESSAI DES INSTALLATIONS ÉLECTROTHERMIQUES  
COMPORTANT DES CANONS À ÉLECTRONS**

## AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60703 a été établie par le Comité d'études 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition publiée en 1981 et constitue une révision technique.

Les modifications significatives par rapport à l'édition antérieure sont les suivantes:

- la dernière édition de la CEI 60519-7 a été prise en compte;
- les exigences d'essai ont été complétées avec de nouveaux points importants pour l'essai et l'acceptation des installations.

Le texte de cette Norme est basé sur les documents suivants:

| CDV        | Rapport de vote |
|------------|-----------------|
| 27/628/CDV | 27/648/RVC      |

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/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI 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.

## MÉTHODES D'ESSAI DES INSTALLATIONS ÉLECTROTHERMIQUES COMPORTANT DES CANONS À ÉLECTRONS

### 1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux installations électrothermiques comportant un ou plusieurs canons à électrons comme source de chaleur.

L'objet de la présente norme est la normalisation des méthodes d'essai permettant de déterminer les paramètres essentiels ainsi que les données et les caractéristiques techniques des installations électrothermiques comportant un ou plusieurs canons à électrons.

Les essais contenus dans la présente norme ne sont en aucun cas obligatoires et la liste de ces essais n'est pas non plus limitative. Les essais à réaliser peuvent être choisis à partir de la liste proposée. Les spécifications établies par accord entre l'utilisateur et le fabricant des installations électrothermiques peuvent compléter ces recommandations, mais il convient qu'elles ne soient pas en contradiction avec ces dernières.

### 2 Références normatives

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

CEI 60050-841:2004, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 841: Électrothermie industrielle*

CEI 60204-1:2005, *Sécurité des machines – Equipement électrique des machines – Partie 1: Règles générales*

CEI 60204-11:2000, *Sécurité des machines – Equipement électrique des machines – Partie 11: Prescriptions pour les équipements HT fonctionnant à des tensions supérieures à 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c. et ne dépassant pas 36 kV*

CEI 60398:1999, *Chauffage électrique industriel – Méthodes générales d'essai*

CEI 60519-1:2004, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 1: Exigences générales*

CEI 60519-7:2008, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 7: Exigences particulières pour les installations comportant des canons à électrons*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions donnés dans la CEI 60050-841, dans la CEI 60519-7 (certains d'entre eux sont répétés ici) et ceux qui suivent s'appliquent.

### 3.1

#### **faisceau électronique**

flux d'électrons émis à partir d'une source (cathode ou plasma) et se déplaçant le long de trajectoires déterminées avec exactitude à de très grandes vitesses

[VEI 841-30-01, modifiée]

### 3.2

#### **canon à électrons**

système qui permet la génération, la formation et l'accélération d'un ou plusieurs faisceaux électroniques

[VEI 841-30-08, modifiée]

### 3.3

#### **anode** (d'un canon à électrons)

électrode capable de faire sortir et d'accélérer des électrons à partir du milieu de plus faible conductivité

[VEI 841-22-31, modifiée]

### 3.4

#### **cathode** (d'un canon à électrons)

électrode capable d'émettre des électrons à partir du milieu de plus faible conductivité et aussi de collecter les porteurs de charge positifs, si nécessaire

[VEI 841-22-32, modifiée]

### 3.5

#### **tension d'accélération d'un faisceau**

différence de potentiel entre la cathode et l'anode et servant à créer un champ électrique destiné à accélérer les électrons

[VEI 841-30-29]

### 3.6

#### **alimentation à haute tension**

source de la tension d'accélération et du courant d'émission des canons à électrons

### 3.7

#### **conducteur de retour**

interconnexion électrique entre l'alimentation à haute tension (pôle positif) et la partie anode du système de canon à électrons, y compris l'enceinte sous vide autour de la pièce à traiter

### 3.8

#### **verrouillage**

dispositif qui empêche l'activation d'une pièce d'un équipement dès lors qu'un quelconque risque ou danger existe

### 3.9

#### **enceinte sous vide**

espace fermé d'une installation sous vide construit de façon telle qu'il peut supporter une atmosphère raréfiée en son sein, dans lequel la pièce à traiter est placée

### 3.10

#### **enceinte de canon à électrons**

enceinte sous vide dans laquelle le canon à électrons est placé

NOTE Cette enceinte peut être séparée de la pièce à traiter par une ouverture, de sorte qu'on peut établir une différence de pression entre le canon à électrons et la pièce à traiter.

**3.11****système de déflexion du faisceau électronique**

système de bobines électromagnétiques ou d'électrodes de déflexion utilisé pour placer le faisceau en différentes positions de travail ou déplacer le faisceau au-dessus de la surface de chauffage de la charge

[VEI 841-30-25, modifiée]

**3.12****système de déviation du faisceau électronique**

système de bobines électromagnétiques ou d'aimants permanents pour modifier la direction du faisceau électronique en dehors du canon à électrons

**3.13****système de mise au point du faisceau électronique**

bobine électromagnétique ou système de bobines ou de condensateurs à plaques destiné à focaliser le faisceau électronique au-dessus de la surface de chauffage de la charge

[VEI 841-30-27, modifiée]

**3.14****diagramme de faisceau**

image créée par une fonction de temporisation cyclique des positions du faisceau électronique ou une superposition de ces cycles

**3.15****angle de déflexion maximale**

angle entre l'attitude du faisceau électronique en l'absence de toute déflexion et son attitude avec activation maximale dans une direction

**3.16****limite de déflexion**

limite d'une zone définie qui peut être balayée par le faisceau électronique sans danger pour l'équipement avec une répartition de la puissance raisonnable

**3.17****fréquence de déflexion maximale**

fréquence à laquelle l'amplitude du faisceau dévié est réduite à une moitié par rapport à une déflexion statique causée par un fonctionnement dynamique du système de déflexion complet

**3.18****puissance du faisceau**

produit du courant de faisceau électronique et de la tension d'accélération

**3.19****courant de cathode**

courant électronique circulant à partir de la cathode

NOTE 1 Le courant de faisceau électronique arrivant sur la pièce à travailler peut soit être inférieur au courant de cathode, soit plus important jusqu'à plusieurs ordres de grandeur que le courant d'émission si un bombardement ionique est aussi présent.

NOTE 2 Il existe une différence entre le courant d'émission possible et le courant circulé; le courant de cathode est limité par la charge d'espace.

**3.20****puissance assignée (d'un canon à électrons)**

produit de la tension d'accélération et du courant de cathode

## 4 Exigences générales pour les essais

### 4.1 Méthode d'essai

La méthode d'essai comporte les essais et les mesures, lesquels peuvent être groupés comme suit:

- a) Essais des appareils auxiliaires (Article 5);
- b) Essais du système canon à électrons (Article 6);
- c) Essais de campagne de production (Article 7).

Les essais du groupe a) doivent être terminés avant de procéder aux essais du groupe b). La méthode d'essai doit comporter tous les essais appropriés du groupe a) et du groupe b). Les essais de campagne de production du groupe c) ne sont que des recommandations, la nécessité de les exécuter dépend des propriétés du faisceau exigées par l'application.

### 4.2 Périodicité des essais

La méthode d'essai doit être réalisée immédiatement:

- après la mise en place de l'installation de canon à faisceau d'électrons,
- après des travaux généraux de réparation,
- après un accident causé par l'installation de canon à faisceau d'électrons,
- après des modifications substantielles de l'installation.

La méthode d'essai doit être répétée au moins une fois par an. Une périodicité plus courte peut être déterminée par le fabricant ou par l'utilisateur de l'installation.

Après la réparation d'un composant isolé, le ou les essais appropriés sont aussi exigés mais peuvent être limités aux fonctionnalités directement sous l'influence de ce composant.

### 4.3 Conditions ambiantes

Les essais doivent être réalisés dans les conditions ambiantes établies au Tableau 1, sauf autres conditions spécifiées par le fabricant.

**Tableau 1 – Conditions ambiantes pour les essais**

|                                                                                                                                                                   |    |         |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|-------|
| Température ambiante                                                                                                                                              | °C | Normale | 20    |
|                                                                                                                                                                   |    | Minimum | 15    |
|                                                                                                                                                                   |    | Maximum | 40    |
| Humidité relative                                                                                                                                                 | %  | Maximum | 85    |
| Altitude au-dessus du niveau de la mer                                                                                                                            | m  | Maximum | 1 000 |
| NOTE Lorsque les conditions ambiantes sont au-delà des valeurs listées dans ce tableau, les valeurs mesurées doivent être corrigées selon les règles appropriées. |    |         |       |

La température ambiante est considérée comme une valeur moyenne. Toutes les grandeurs dépendant de la température doivent faire référence à la température ambiante à 20 °C, nommée ainsi température ambiante de référence.

## **5 Essai des appareils auxiliaires**

### **5.1 Vérification d'ensemble**

L'intégralité et l'intégrité de l'équipement de l'installation de canon à faisceau d'électrons doivent être vérifiées. Une attention particulière doit être donnée:

- aux applications de sécurité et aux signaux d'avertissement de dangers,
- aux dispositifs de verrouillage,
- aux écrans rayons X y compris les hublots d'observation en verre.

### **5.2 Essai de l'équipement électrique**

#### **5.2.1 Généralités**

En principe, l'essai de l'équipement électrique y compris le système de commande doit être réalisé selon la CEI 60204-1, la CEI 60398 et la CEI 60204-11. Les méthodes d'essai particulières à l'équipement électrique des installations de chauffage comportant des canons à électrons sont établies dans les paragraphes suivants. Les essais particuliers pour les canons à électrons et les alimentations à haute tension sont donnés à l'Article 6.

#### **5.2.2 Continuité du conducteur de retour et liaison équipotentielle**

Le conducteur de retour et la liaison équipotentielle doivent satisfaire à un examen visuel pour la conformité à la CEI 60519-1 et à la CEI 60519-7 ainsi qu'à une vérification de l'étanchéité des connexions.

La continuité du circuit de protection et du conducteur de retour doit être vérifiée en injectant un courant électrique d'au moins 10 A à 50 Hz ou 60 Hz à partir d'une source très basse tension électriquement séparée pendant une durée d'au moins 10 s. A la différence de la CEI 60204-1, la chute de tension mesurée ne doit pas dépasser 1,0 V dans le cas où le conducteur de retour et la liaison équipotentielle sont placés entre la chambre de travail, le canon à électrons et l'alimentation à haute tension.

#### **5.2.3 Essai des verrouillages de sécurité et du système d'alarme**

L'essai doit être réalisé conformément à la CEI 60398.

Il convient de porter une attention particulière aux verrouillages pour la tension d'accélération et, s'il existe, au système automatique de mise à la terre (voir 6.2.1 et 6.2.2).

Lors de l'essai des verrouillages, seuls les circuits de commande doivent être sous tension. Il convient que les circuits de puissance soient alimentés pour les essais des circuits de surveillance lorsque ces tensions sont nécessaires.

### **5.3 Essai du système de refroidissement par liquide**

L'essai doit être réalisé selon la CEI 60398. Si certaines parties et certains appareils électriques ne peuvent supporter 1,5 fois la pression maximale, par exemple les enceintes sous vide à double barrière, les pompes turbomoléculaires et les échangeurs de chaleur dans les coffrets électriques, ils doivent être pontés ou déconnectés et essayés individuellement selon les instructions du fabricant.

### **5.4 Essai des systèmes de manœuvre**

L'installation à canon à électrons peut être équipée avec différents systèmes de manœuvre comme des systèmes de déplacement à air comprimé, hydraulique et électrique. Ces systèmes doivent être essayés selon les normes appropriées et les instructions du fabricant. Une attention particulière doit être donnée:

- aux appareils de protection contre la surcharge et le mauvais fonctionnement mécanique,
- aux moyens destinés à protéger le personnel contre les mouvements dangereux.

### **5.5 Essai sous vide**

La mesure doit être réalisée en utilisant un manomètre à ionisation lorsque l'installation est propre.

On doit atteindre une pression de  $10^{-2}$  Pa ou moins dans l'enceinte du canon à électrons, lorsque la cathode est froide. Pour cette mesure, l'enceinte sous vide doit être séparée de l'enceinte du canon, ou si ce n'est pas possible, l'enceinte sous vide doit être nettoyée et aucune pièce de travail ne doit être en place à l'intérieur de l'enceinte.

Après montée en température, la cathode doit être dégazée pendant 30 min; on doit atteindre ensuite une pression de  $5 \times 10^{-2}$  Pa ou moins.

La pression exigée pour l'enceinte sous vide dépend du procédé et du type de séparation entre l'enceinte du canon et l'enceinte sous vide. Dans tous les cas, la pression à l'intérieur de l'enceinte du canon doit être inférieure au niveau de  $5 \times 10^{-2}$  Pa aussi dans le cas d'une pression maximale du procédé spécifié à l'intérieur de l'enceinte sous vide.

## **6 Essai du système à canon à électrons**

### **6.1 Canon à électrons**

#### **6.1.1 Parties individuelles**

Les parties individuelles du canon à électrons doivent être vérifiées au regard de la propreté, de l'étanchéité et de l'ajustement selon les instructions d'entretien du fabricant. Il convient de porter une attention particulière au système de la cathode.

#### **6.1.2 Parties mobiles**

Si le canon à électrons a toutes ses parties mobiles, comme par exemple une vario cathode ou une vario anode, on doit vérifier leur déplacement au regard de la stabilité de marche, des limites et de la précision du positionnement.

#### **6.1.3 Essais de résistance d'isolement**

La résistance d'isolement entre les conducteurs à haute tension et la terre doit être mesurée selon l'Article 19 de la CEI 60204-11 (2000).

### **6.2 Alimentation à haute tension y compris les câbles**

#### **6.2.1 Système de mise à la terre**

##### **6.2.1.1 Essai de la baguette de mise à la terre**

Toutes les parties de la baguette de mise à la terre, le câble de mise à la terre aussi bien que les connexions à la terre et les crochets doivent être examinés avec attention. Les parties endommagées doivent être remplacées sans délai.

##### **6.2.1.2 Essai des systèmes automatiques de mise à la terre**

Les câbles de connexion, les contacts et les appareils de commande doivent subir une vérification visuelle.

Outre l'essai de fiabilité de fonctionnement de chaque dispositif de mise à la terre, il est aussi nécessaire de vérifier les circuits de surveillance pour le raccordement à la terre. A cet effet, une pièce de papier est placée entre les contacts. La simulation de cette défaillance peut uniquement être réalisée aussi longtemps que les circuits de puissance sont désalimentés de façon sûre.

#### **6.2.2 Installation de sécurité**

Outre l'essai de fiabilité de fonctionnement de chaque dispositif de sécurité et de son assignation correcte, il est aussi nécessaire de vérifier si les circuits de surveillance des éléments redondants peuvent détecter une défaillance unique. La simulation de cette défaillance peut uniquement être réalisée aussi longtemps que les circuits de puissance sont désalimentés de façon sûre.

#### **6.2.3 Connecteurs à haute tension**

La résistance d'isolement entre les conducteurs à haute tension et la terre doit être mesurée selon l'Article 19 de la CEI 60204-11 (2000). Les connexions à la terre ou à d'autres potentiels doivent être temporairement déconnectées pendant la mesure.

La propreté des connecteurs et l'assignation correcte des câbles à haute tension aux connecteurs à haute tension et au canon à électrons doit être vérifiée avec attention.

#### **6.2.4 Calibration des systèmes de mesures internes**

La mesure de la tension d'accélération et du courant de retour doit être calibrée périodiquement. Les instruments de mesure de référence doivent avoir une classe de précision d'au moins 0,5. La même précision est nécessaire pour les diviseurs de tension et les shunts, s'ils sont utilisés pour la calibration.

Dans le cas où la puissance est calculée au moyen d'un multiplieur analogique, cet appareil doit être calibré aussi.

NOTE Dans la plupart des cas, il n'est pas possible de mesurer le courant de faisceau réel pour l'alimentation à haute tension. Le courant de retour peut être utilisé comme un équivalent.

#### **6.2.5 Essai du dispositif de protection contre les surintensités**

##### **6.2.5.1 Essai avec un court-circuit**

On doit augmenter le courant issu de l'alimentation à haute tension à un niveau supérieur à sa valeur assignée, et le dispositif de protection contre les surintensités doit fonctionner au courant spécifié. La méthode préférentielle pour réaliser cet essai est l'application d'un court-circuit aux bornes de sortie de l'alimentation à haute tension en prenant des précautions adaptées pour éviter des dommages au matériel et des dangers pour le personnel.

##### **6.2.5.2 Essai du fonctionnement normal du dispositif de protection contre les surintensités**

Avant que les essais de puissance assignés puissent être réalisés, le fonctionnement normal du dispositif de protection contre les surintensités doit être essayé en premier lieu par l'accroissement du courant d'émission au-dessus de sa valeur assignée, selon les spécifications du fabricant.

#### **6.3 Essai du système de cintrage du faisceau électronique**

Le fonctionnement du système de cintrage peut être vérifié à l'aide d'un diagramme faisceau de référence. Ce diagramme est créé lors de la première installation correspondante aux points de fixation à l'intérieur de l'enceinte, au support du creuset ou de la pièce à travailler, respectivement. Le diagramme faisceau de référence enregistré doit être appliqué

périodiquement dans des conditions similaires (tension d'accélération, puissance faisceau, courant de cintrage) pour vérifier la stabilité du système de cintrage.

En alternative, le champ magnétique peut être mesuré en plusieurs points définis (par exemple à l'aide d'une grille virtuelle dans le plan de l'axe du canon fléchi). Si le champ magnétique est généré par une bobine électromagnétique, on doit enregistrer le champ magnétique tout autant que le courant correspondant circulant à travers la bobine.

#### **6.4 Essai du système de déflexion du faisceau électronique**

Avant l'utilisation du canon à électrons en production, les propriétés suivantes du système de déflexion doivent être vérifiées:

- l'état des câbles, des connecteurs et amplificateurs (examen visuel),
- la résistance ou l'inductance de la bobine et la résistance d'isolement (voir 6.5),
- l'assignation correcte des directions de déflexion,
- la corrélation entre l'angle de déflexion et le courant bobine,
- le fonctionnement des amplificateurs et
- le fonctionnement du verrouillage du faisceau électronique en cas de défauts du système de déflexion.

Les paramètres de déflexion du faisceau doivent être essayés en conditions de fonctionnement à chaud (voir 7.1).

#### **6.5 Essai du système de mise au point du faisceau électronique**

L'essai du système de mise au point comprend:

- un examen visuel de l'état des câbles, des connecteurs et des amplificateurs,
- la mesure de la résistance ou de l'inductance de la bobine,
- la mesure de résistance d'isolement entre les bobines et la terre et vers les bobines du système de déflexion et
- la vérification du fonctionnement des amplificateurs.

La résistance d'isolement doit avoir une valeur supérieure à 100 kΩ. Elle doit être mesurée uniquement en TBT.

### **7 Essais de campagne de production**

#### **7.1 Propriétés de déflexion du faisceau**

##### **7.1.1 limites de déflexion**

Il convient que le système de déflexion ait la possibilité de définir des limites qui restreignent la zone de travail pour le faisceau. Avant que le faisceau électronique ne soit visible avec un diagramme approprié à un échantillon, des limites préliminaires sont établies pour démarrer l'essai avec une petite surface de travail. Après vérification de l'efficacité des limites de déflexion du faisceau, la surface de travail peut être élargie par étapes successives.

##### **7.1.2 Réponse en fréquence**

Pour la détection de la fréquence de déflexion maximale, le diagramme faisceau est rendu visible par bombardement d'un échantillon avec le faisceau électronique. Dans le cas d'une déflexion dans deux directions, il convient de préférer un diagramme en forme de cercle. On démarre avec une valeur de faible déflexion (inférieure au dixième de la valeur maximale attendue) et on augmente ensuite la fréquence jusqu'à ce que le diagramme soit réduit à la

moitié de sa taille. La taille du diagramme d'essai doit être de 10 % de l'angle maximal de déflexion, à moins que des conditions différentes soient spécifiées par le fabricant.

### 7.1.3 Linéarité de l'angle de déflexion

Un diagramme faisceau est rendu visible par bombardement d'un échantillon avec le faisceau électronique. Dans le cas d'une déflexion dans deux directions, il convient de préférer un diagramme en forme de cercle. Le diagramme est parcouru avec une fréquence beaucoup plus faible que la fréquence de déflexion maximale. On accroît l'amplitude en 5 à 10 étapes égales de 10 % à 100 % de l'angle de déflexion maximal.

Dans le cas où l'équipement ne permet pas de faire fonctionner le canon à électrons à son angle de déflexion maximal, l'essai est déterminé par les limites de déflexion.

## 7.2 Essai à la puissance assignée

La puissance assignée est définie comme le produit du courant de cathode et de la tension d'accélération. Le courant de cathode est mesuré comme le courant de retour à l'extrémité froide de l'alimentation de la tension d'accélération.

Afin de réduire les dangers pour le personnel d'exploitation, les appareils de mesure internes de l'alimentation à haute tension peuvent être utilisés pour l'identification de la puissance assignée après calibration selon 6.2.4.

## 7.3 Essai des paramètres du faisceau électronique

### 7.3.1 Puissance du faisceau

Une pièce à travailler ou un collecteur est installé (électriquement isolé) à l'intérieur de l'enceinte sous vide et connecté par un shunt de faible résistance au conducteur de retour. Le courant de faisceau est donné par la résistance du shunt et la chute de tension mesurée aux bornes du shunt. La puissance du faisceau est le produit de ce courant et de la tension d'accélération.

NOTE Un shunt endommagé peut générer des tensions dangereuses au point de mesure sur la pièce à travailler.

### 7.3.2 Diamètre du faisceau

#### 7.3.2.1 Collecteur à fente

Le faisceau est exploré à travers un collecteur à fente. La période est mesurée, si le courant circulant à travers le collecteur est inférieur à 10 % du courant faisceau. Tracer un cercle sur un collecteur avec des fentes organisées radialement permet la mesure de la dimension du faisceau dans plusieurs directions.

#### 7.3.2.2 Essai de perçage

On perce un trou à l'aide du faisceau dans un échantillon localisé à côté de la pièce à travailler. On doit s'assurer que la chaleur émise par la pièce à travailler n'influence pas la taille du trou.

Il convient que la forme du point subisse un examen visuel afin de détecter la symétrie de la mise au point.

NOTE Le diamètre du faisceau est aussi influencé par le courant de faisceau et les conditions du vide.

## 7.4 Mesure de la température de surface des dispositifs chauffés

La mesure de la température doit être réalisée à l'aide d'un thermocouple, d'un thermomètre résistance ou d'un pyromètre selon la CEI 60398.

### **7.5 Stabilité à long terme en conditions de campagne de production**

L'installation comportant un canon à électrons est manœuvrée dans les conditions nominales.

Les tensions et les courants pour l'alimentation du système de cathode et du canon doivent atteindre des valeurs stables selon les spécifications après au plus tard 30 min.

Après 8 h de fonctionnement, il doit être vérifié que la chaleur ou le rayonnement n'ont pas causé de modification ou de destruction des composants de l'installation. Une attention particulière doit être portée:

- à l'état du système de cathode,
- à la mobilité des parties mobiles,
- à l'étanchéité au vide et à l'eau,
- à l'état des creusets, des supports, des matériels d'écran et analogues.

### **7.6 Essai aux rayons X**

L'essai doit être réalisé selon les exigences nationales.

L'essai d'émission de rayons X doit être réalisé après tout remplacement de l'écran de protection contre les rayons X des parties appropriées de l'enceinte du canon et de l'enceinte sous vide.

### **7.7 Essai relatif aux effets électromagnétiques**

Les mesures liées aux questions de CEM et à l'influence des champs électromagnétiques sur les personnes selon 6.4 de la CEI 60519-1 (2003) s'appliquent.

---



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](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)