

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
60396**

Deuxième édition  
Second edition  
1991-02

---

---

**Méthodes d'essai des fours à induction à canal**

**Test methods for induction channel furnaces**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60396: 1991

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

## Publications consolidées

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

## Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI\***
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement  
(Catalogue en ligne)\*
- **Bulletin de la CEI**  
Disponible à la fois au «site web» de la CEI\* et comme périodique imprimé

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

## Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site\***
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates  
(On-line catalogue)\*
- **IEC Bulletin**  
Available both at the IEC web site\* and as a printed periodical

## Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

\* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

\* See web site address on title page.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60396**

Deuxième édition  
Second edition  
1991-02

---

---

**Méthodes d'essai des fours à induction à canal**

**Test methods for induction channel furnaces**

© IEC 1991 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**N**

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

## SOMMAIRE

|                                                                                                                     | Pages |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                  | 4     |
| <b>SECTION 1 : GÉNÉRALITÉS</b>                                                                                      |       |
| <b>Articles</b>                                                                                                     |       |
| 1.1 Domaine d'application et objet .....                                                                            | 6     |
| 1.2 Références normatives .....                                                                                     | 6     |
| 1.3 Définitions .....                                                                                               | 6     |
| <b>SECTION 2 : ESSAIS</b>                                                                                           |       |
| 2.1 Type et conditions générales des essais .....                                                                   | 14    |
| <b>SECTION 3 : DESCRIPTION DES ESSAIS</b>                                                                           |       |
| 3.1 Méthodes d'essais et de mesures .....                                                                           | 16    |
| Annexe A - Schémas explicatifs pour les symboles et définitions relatifs<br>au circuit de puissance des fours ..... | 24    |

## CONTENTS

|                                                                                                           | Page |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD .....                                                                                            | 5    |
| <b>SECTION 1 : GENERAL</b>                                                                                |      |
| Clause                                                                                                    |      |
| 1.1 Scope and object .....                                                                                | 7    |
| 1.2 Normative references .....                                                                            | 7    |
| 1.3 Definitions .....                                                                                     | 7    |
| <b>SECTION 2 : TESTS</b>                                                                                  |      |
| 2.1 Type of tests and general conditions of tests .....                                                   | 15   |
| <b>SECTION 3 : DESCRIPTION OF TESTS</b>                                                                   |      |
| 3.1 Methods for tests and measurements .....                                                              | 17   |
| Annex A - Explanatory diagrams for symbols and definitions relating<br>to the furnace power circuit ..... | 25   |

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## MÉTHODES D'ESSAI DES FOURS À INDUCTION À CANAL

### AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente Norme internationale a été établie par le Comité d'Etudes n° 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel.

Cette norme remplace la première édition parue en 1972.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| Règle des Six Mois    | Rapport de vote      |
|-----------------------|----------------------|
| 27(BC)90<br>27(BC)90A | 27(BC)94<br>27(BC)97 |

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

L'annexe A est normative.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## TEST METHODS FOR INDUCTION CHANNEL FURNACES

## FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This International Standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 27: Industrial electroheating equipment.

This standard replaces the first edition issued in 1972.

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

| Six Months' Rule      | Reports on Voting    |
|-----------------------|----------------------|
| 27(CO)90<br>27(CO)90A | 27(CO)94<br>27(CO)97 |

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

Annex A is normative.

# MÉTHODES D'ESSAI DES FOURS À INDUCTION À CANAL

## SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

### 1.1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux installations électrothermiques comportant des fours industriels à induction à canal pour la fusion, le maintien et la surchauffe.

Elle a pour objet de normaliser des méthodes d'essai permettant de déterminer les paramètres essentiels et les caractéristiques techniques des installations électrothermiques comportant les fours indiqués ci-dessus.

Exception faite des essais de sécurité des points a), b) et c) de 2.1.2, la liste des essais recommandés dans la présente norme n'est pas obligatoire et n'est pas limitative. On peut choisir dans cette liste des essais nécessaires à la détermination et à l'évaluation d'un four. Des essais complémentaires peuvent être effectués, mais de préférence en accord entre les constructeurs et les utilisateurs des fours concernés.

### 1.2 Références normatives

Les Normes internationales suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 398: 1972, *Conditions générales d'essai des installations électrothermiques industrielles*.

CEI 50(841): 1983, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 841: Electrothermie industrielle*.

### 1.3 Définitions

Pour les définitions des termes fondamentaux et généraux du domaine de l'électrothermie, le lecteur est invité à se reporter à la CEI 50(841).

Les définitions suivantes sont applicables dans le cadre de la présente norme.

Pour les schémas explicatifs, voir l'annexe A.

**1.3.1 Installation électrothermique d'un four à induction à canal:** Installation composée du four à induction à canal et du matériel électrique et mécanique nécessaire au fonctionnement et à l'exploitation du four.

Le matériel électrique comprend l'ensemble des éléments constituant électriques, notamment les conducteurs et les appareillages des circuits de puissance du four situés en aval de l'interrupteur principal.

## TEST METHODS FOR INDUCTION CHANNEL FURNACES

### SECTION 1: GENERAL

#### 1.1 Scope and object

This International Standard applies to electroheat installations comprising industrial induction channel furnaces for melting, holding and superheating.

Its object is the standardization of test methods to determine the essential parameters and technical characteristics of electroheat installations comprising the type of furnaces indicated above.

With the exception of the safety test of items a), b), and c) of 2.1.2 the list of tests given in this standard is not mandatory and is not restrictive. Tests may be selected from this list as required for the characterization and evaluation of a furnace. Additional tests may be carried out, preferably in agreement between manufacturers and users of the furnaces concerned.

#### 1.2 Normative references

The following International Standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 398: 1972, *General test conditions for industrial electro-heating equipment*.

IEC 50(841): 1983, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 841: Industrial electroheating*.

#### 1.3 Definitions

For definitions of fundamental and general terms in the electroheat field, the reader should refer to IEC 50(841).

The following definitions apply for the purpose of this standard.

For explanatory diagrams, see Annex A.

**1.3.1 electroheat installation with induction channel furnace:** Installation comprising the induction channel furnace and the electrical and mechanical equipment necessary for the operation and utilization of the furnace.

The electrical equipment comprises all electrical components including conductors and switchgear in the furnace power circuits situated after the supply disconnecting switch and the auxiliary circuits

**1.3.2 four à induction à canal:** Four de fusion ou de maintien à induction formant un transformateur dont le circuit secondaire est constitué par du métal fondu dans un canal en matériau réfractaire; ce canal aboutit à une chambre munie d'un revêtement réfractaire dans laquelle on place les matériaux à fondre (VEI 841-05-19).

NOTE - Un four à induction à canal peut comporter un ou plusieurs ensembles inducteurs pouvant eux-mêmes être remplacés.

**1.3.3 ensemble Inducteur:** Ensemble constitué par la bobine d'induction, le noyau magnétique, l'écran, la carcasse et le revêtement réfractaire (VEI 841-05-23).

**1.3.4 bobine d'induction:** Enroulement électrique sur un noyau magnétique raccordé à une alimentation en courant alternatif pour la production d'un flux magnétique alternatif dans le noyau.

**1.3.5 noyau magnétique:** Noyau de tôles de fer fermé, offrant au flux magnétique un circuit à faible réluctance.

**1.3.6 écran de refroidissement et de protection de l'inducteur:** Blindage, refroidi par air ou par eau, entourant la bobine d'induction pour en assurer la protection (VEI 841-05-24 (modifié)).

**1.3.7 circuit compensé du four:** Circuit électrique constitué par l'ensemble de la bobine d'induction et de ses condensateurs de compensation dimensionnés de façon adéquate.

**1.3.8 puissance d'entrée du circuit de puissance du four (puissance apparente  $S_1$  (kVA) ou puissance active  $P_1$  (kW):** Puissance électrique à la ligne d'alimentation du circuit de puissance du four, aux valeurs nominales de tension  $U_{1n}$  et de fréquence  $f_{1n}$ .

**1.3.9 facteur de puissance du circuit de puissance du four  $\cos \varphi_1$ :** Rapport de la puissance active  $P_1$  à la puissance apparente  $S_1$ .

**1.3.10 valeurs nominales électriques:** Les valeurs nominales de l'installation ou d'une partie de l'installation sont celles pour lesquelles elle est construite et marquée; le marquage comprend au moins:

- la fréquence  $f_n$  (Hz) ou plage de fréquence  $f_{n1} - f_{n2}$  (Hz)
- la tension  $U_n$  (V)
- la puissance active  $P_n$  (kW).

**1.3.11 a) tension du circuit compensé du four  $U_c$  (V):** Tension aux bornes d'entrée du circuit compensé du four.

**b) tension du four  $U_F$  (V):** Tension aux bornes de la bobine inductrice ou de l'ensemble des bobines inductrices du four.

**1.3.12 courant du four  $I_F$  (A):** courant absorbé par la bobine inductrice ou par l'ensemble des bobines inductrices du four.

**1.3.13 fréquence du four  $f_F$  (Hz):** Fréquence du courant  $I_F$  du four.

**1.3.2 Induction channel furnace:** An induction melting or holding furnace forming a transformer whose secondary circuit comprises the molten metal contained in a channel made of refractory material and which is connected to a refractory lined chamber also containing molten metal, into which charge pieces to be heated are placed (IEV 841-05-19).

NOTE - An induction channel furnace may comprise one or more inductor assemblies which may be replaceable.

**1.3.3 Inductor assembly:** An assembly of inductor coils, magnetic cores, shields, casing and refractory lining (IEV 841-05-23).

**1.3.4 Inductor coil:** Electrical winding on a magnetic core connected to an a.c. supply and for generating an alternating magnetic flux in the core.

**1.3.5 magnetic core:** Closed laminated iron core, creating a low reluctance path for the magnetic flux.

**1.3.6 cooling and protection shield for a coil:** An air or water-cooled shield arranged around the inductor coil to protect it (IEV 841-05-24 (modified)).

**1.3.7 compensated circuit of the furnace:** The electric circuit comprising the inductor coil and its appropriately dimensioned compensating capacitor bank.

**1.3.8 input power of the furnace power circuit (apparent power  $S_i$  (kVA) or active power  $P_i$  (kW)):** The electric power at the supply line to the furnace power circuit with rated values of voltage  $U_{in}$  and frequency  $f_{in}$ .

**1.3.9 power-factor of the furnace power circuit  $\cos \phi_1$ :** The ratio of the active power  $P_i$  to the apparent power  $S_i$ .

**1.3.10 rated electrical values:** Rated electrical values of the installation or a part of it are those for which it is designed and marked; the marking comprises at least:

- frequency  $f_n$  (Hz) or frequency band  $f_{n1} - f_{n2}$  (Hz)
- voltage  $U_n$  (V)
- active power  $P_n$  (kW).

**1.3.11 a) input voltage of the compensated circuit  $U_c$  (V):** Voltage across the input terminals of the compensated circuit.

b) **furnace voltage  $U_F$  (V):** Voltage across the terminals of the inductor coil or system of inductor coils.

**1.3.12 furnace current  $I_F$  (A):** Current absorbed by the inductor coil or the system of inductor coils.

**1.3.13 furnace frequency  $f_F$  (Hz):** Frequency of the furnace current  $I_F$ .

- 1.3.14 a) **puissance du circuit compensé du four  $S_c, P_c$** : Puissance électrique apparente  $S_c$  (kVA) ou active  $P_c$  (kW) mesurée à l'entrée du circuit compensé.
- b) **puissance du four  $S_F, P_F$** : Puissance électrique apparente  $S_F$  (kVA) ou active  $P_F$  (kW) mesurée aux bornes de la bobine inductrice ou de l'ensemble des bobines inductrices.
- 1.3.15 a) **facteur de puissance du circuit compensé du four  $\cos \varphi_c$** : Rapport de la puissance active  $P_c$  à la puissance apparente  $S_c$  à l'entrée du circuit compensé.
- b) **facteur de puissance de l'inducteur du four  $\cos \varphi_F$** : Rapport de la puissance active  $P_F$  à la puissance apparente  $S_F$  aux bornes de la bobine inductrice ou de l'ensemble des bobines inductrices.
- 1.3.16 **capacité assignée (utile) d'un four à induction à canal  $V_r$  ( $m^3$ )**: Volume de la charge liquide nominale spécifiée qui peut être prélevé du four sans risque de rupture du circuit de chauffage, le four étant dans les limites normales de basculement.
- 1.3.17 **charge nominale (utile)  $G$  (kg)**: Poids de la charge liquide nominale spécifiée correspondant à la capacité nominale utile du four.
- 1.3.18 **capacité du pied de bain  $V_{min}$  ( $m^3$ )**: Volume minimal de la charge liquide dans le four assurant la continuité du circuit de chauffage, le four étant dans les limites normales de basculement et dans la position normale.
- 1.3.19 **charge du pied de bain  $G_{min}$  (kg)**: Poids correspondant à la capacité du pied de bain.
- 1.3.20 **capacité totale du four  $V_t$  ( $m^3$ )**: Somme de la capacité nominale utile et de la capacité du pied du bain.
- 1.3.21 **charge totale du four  $G_t$  (kg)**: Somme de la charge nominale utile et de la charge du pied du bain.
- 1.3.22 **charge d'essai**: Poids de métal à fondre et/ou à surchauffer pour déterminer la consommation d'énergie spécifique et la vitesse de fusion et/ou de surchauffe.
- 1.3.23 **température de la charge  $\theta$  ( $^{\circ}C$ )**: Température de la charge, à un instant donné du cycle de chauffage.
- 1.3.24 **température initiale de la charge  $\theta_{chs}$  ( $^{\circ}C$ )**: Température de la charge au début du cycle de chauffage.
- 1.3.25 **température finale de la charge  $\theta_{chF}$  ( $^{\circ}C$ )**: Température atteinte par la charge à la fin du cycle de chauffage, immédiatement avant la coulée.
- 1.3.26 **température d'entrée du fluide de refroidissement  $\theta_{Fi}$  ( $^{\circ}C$ )**: Température du fluide de refroidissement à l'entrée du circuit de refroidissement de l'ensemble inducteur.
- 1.3.27 **température de sortie du fluide de refroidissement  $\theta_{Fo}$  ( $^{\circ}C$ )**: Température du fluide de refroidissement à la sortie du circuit de refroidissement de l'ensemble inducteur, le four étant en fonctionnement dans les conditions nominales.

- 1.3.14 a) **power of the compensated circuit  $S_c, P_c$** : Electric power (apparent power  $S_c$  (kVA) or active power  $P_c$  (kW)) at the input of the compensated circuit.
- b) **furnace power  $S_F, P_F$** : Electric power (apparent power  $S_F$  (kVA) or active power  $P_F$  (kW)) at the terminals of the inductor coil or system of inductor coils.
- 1.3.15 a) **power-factor of the compensated circuit  $\cos \phi_c$** : Ratio of the active power  $P_c$  to the apparent power  $S_c$  at the input of the compensated circuit.
- b) **power-factor of the furnace inductor  $\cos \phi_F$** : Ratio of active power  $P_F$  to the apparent power  $S_F$  at the terminals of the inductor coil or system of inductor coils.
- 1.3.16 **rated (useful) capacity of an induction channel furnace  $V_r$  ( $m^3$ )**: Volume of the specified nominal molten charge which can be withdrawn from the furnace without risk of breaking the heating circuit, the furnace being within the normal tilting limits.
- 1.3.17 **rated (useful) charge  $G$  (kg)**: Weight of the specified nominal molten charge corresponding to the rated (useful) capacity of the furnace.
- 1.3.18 **capacity of minimum charge  $V_{min}$  ( $m^3$ )**: Minimum volume of molten metal in the furnace required to ensure continuity of the heating circuit, the furnace being in normal tilting limits and in normal position.
- 1.3.19 **minimum charge  $G_{min}$  (kg)**: The weight corresponding to the capacity of minimum charge.
- 1.3.20 **total capacity of a furnace  $V_t$  ( $m^3$ )**: Sum of rated (useful) capacity and the capacity of minimum charge.
- 1.3.21 **total charge of a furnace  $G_t$  (kg)**: Sum of the rated (useful) charge and the minimum charge.
- 1.3.22 **test charge**: Weight of the metal to be melted and/or superheated to establish specific energy consumption and melting and/or superheating rate.
- 1.3.23 **charge temperature  $\theta$  ( $^{\circ}C$ )**: Temperature of the charge at a given time of the heating cycle.
- 1.3.24 **charge starting temperature  $\theta_{chS}$  ( $^{\circ}C$ )**: Temperature of the charge at the beginning of the heating cycle.
- 1.3.25 **charge final temperature  $\theta_{chF}$  ( $^{\circ}C$ )**: Temperature of the charge attained at the end of the heating cycle immediately before tapping.
- 1.3.26 **inlet temperature of the coolant  $\theta_{Fi}$  ( $^{\circ}C$ )**: Temperature of the coolant when entering the cooling circuit of the inductor assembly.
- 1.3.27 **outlet temperature of the coolant  $\theta_{Fo}$  ( $^{\circ}C$ )**: Temperature of the coolant when leaving the cooling circuit of the inductor assembly, with the furnace operating at rated conditions.

**1.3.28 température ambiante  $\theta_A$  (°C):** Température de l'air à l'extérieur du four en un point suffisamment éloigné pour éviter l'influence de la radiation de chaleur ou de la convection naturelle.

**1.3.29 service du four dans les conditions nominales (service nominal du four):** Fonctionnement du four équipé d'un nouveau canal de dimensions spécifiées avec une charge et une puissance nominales sans que soient dépassées les valeurs maximales de la tension, du courant et de la fréquence.

**1.3.30 régime thermique permanent du four:** Régime thermique dans lequel toute l'énergie fournie au four sert à compenser les pertes calorifiques.

**1.3.31 état chaud du four:** Régime thermique permanent du four à la température finale de la charge.

**1.3.32 état froid du four:** Régime thermique du four dans lequel la température de l'ensemble des éléments de construction du four est égale à la température ambiante.

**1.3.33 service intermittent du four:** Fonctionnement tel qu'un nouveau cycle de fusion ne soit engagé qu'après coulée de la charge précédente.

**1.3.34 service continu du four:** Fonctionnement pendant lequel on complète la charge fondue au fur et à mesure que le métal liquide est soutiré.

**1.3.35 puissance de maintien  $P_h$  (kW):** Puissance active  $P_h$  exprimée en kilowatts fournie au circuit de puissance du four pour maintenir la charge totale à la température nominale.

**1.3.36 consommation d'énergie (consommation d'énergie active  $E_{ai}$  (kWh) ou consommation d'énergie réactive  $E_r$  (kvarh)):** Energie électrique fournie au circuit de puissance du four.

**1.3.37 consommation spécifique d'énergie (kWh/kg):** Rapport de la quantité totale d'énergie électrique (kWh) fournie au circuit de puissance du four pour le chauffage, la fusion et/ou la surchauffe de la charge d'essai, de sa température initiale (voir 1.3.24) à sa température finale (voir 1.3.25), au poids de la charge d'essai (kg) (voir 1.3.22).

**1.3.38 vitesse de fusion et/ou de surchauffe (kg/h):** Rapport du poids de la charge d'essai (kg), portée de la température initiale (voir 1.3.24) à la température finale (voir 1.3.25), au temps total ( $h$ ) nécessaire pour le chauffage, la fusion et/ou la surchauffe de la charge d'essai.

**1.3.28 ambient temperature  $\theta_A(^{\circ}\text{C})$ :** Temperature of the air outside the furnace at a point sufficiently remote so that heat radiation or natural convection exerts no influence.

**1.3.29 furnace duty at rated conditions (rated furnace duty):** Furnace operation with a new channel of specified dimensions, rated charge and rated power without exceeding maximum voltage, current and frequency.

**1.3.30 thermal steady-state of furnace:** Thermal state in which the whole energy input into the furnace is used for the compensation of thermal losses.

**1.3.31 hot state of furnace:** Thermal steady-state of the furnace at charge final temperature.

**1.3.32 cold state of furnace:** Thermal state in which the temperature of the furnace constructional component parts is equal to the ambient temperature.

**1.3.33 intermittent (batch) operation of furnace:** Operation in which a new melting cycle is started only after the tapping of the preceding charge.

**1.3.34 continuous operation of furnace:** Operation during which the molten charge is continually withdrawn, and a charge is continually added.

**1.3.35 holding power  $P_h$  (kW):** Active power  $P_h$  (kW) supplied to the furnace power circuit, in order to maintain the total charge at the rated temperature.

**1.3.36 energy consumption (active energy consumption  $E_{al}$  (kWh) or reactive energy consumption  $E_{rl}$  (kvarh):** Electric energy supplied to the furnace power circuit.

**1.3.37 specific energy consumption (kWh/kg):** Ratio of the total amount of electric energy (kWh) supplied to the furnace power circuit for heating, melting and/or superheating the test charge from its starting temperature (see 1.3.24) to its final temperature (see 1.3.25), to the weight of the test charge (kg) (see 1.3.22).

**1.3.38 melting and/or superheating rate (kg/h):** Ratio of weight of the test charge (kg) brought from the starting temperature (see 1.3.24) to its final temperature (see 1.3.25) to the total time ( $h$ ) necessary for heating, melting and/or superheating of the test charge.

## SECTION 2: ESSAIS

### 2.1 Type et conditions générales des essais

#### 2.1.1 Conditions générales de l'exécution des essais techniques

Voir CEI 398.

Les éléments constituant des installations électrothermiques doivent être conformes aux spécifications les concernant.

NOTE - Il convient d'attirer l'attention sur les différents paramètres à considérer en ce qui concerne les valeurs nominales d'un four à canal ainsi que sur les essais destinés à les vérifier: quelle que soit la dimension du four, ses performances dépendent:

- de la construction du four lui-même,
- du type et de l'utilisation du couvercle,
- du type et de l'utilisation de l'extraction de fumées,
- du matériau constituant la charge, c'est-à-dire de la nature du matériau et des dimensions des pièces chargées,
- du type et de la fréquence de la source servant à l'alimentation électrique du four,
- du type du système de régulation de la source d'alimentation du four.

#### 2.1.2 Liste des essais

- a) Essai de tenue diélectrique de l'ensemble inducteur avant installation du revêtement réfractaire (3.1.1).
- b) Essai de tenue à la pression des circuits de refroidissement par eau (3.1.2).
- c) Essai de débit des circuits de refroidissement par eau (3.1.3).
- d) Mesurage de l'échauffement du fluide de refroidissement (3.1.4).
- e) Détermination de la puissance et du facteur de puissance du circuit de puissance du four (3.1.5).
- f) Détermination de la puissance de maintien (3.1.6).
- g) Détermination de la consommation spécifique d'énergie, de la vitesse de fusion et/ou de surchauffe (3.1.7).
- h) Mesurage de la température des parties constitutives du four (3.1.8).

NOTE - Les essais a), b), c), d) sont obligatoires.  
Les essais e), f), g), h) ne sont pas obligatoires.

#### 2.1.3 Conditions pour la réalisation des essais

Les essais a), b) et c) doivent être effectués après la construction ou après la réparation d'un four.

Les essais d), e), f), g) et h) doivent être effectués avec un nouveau canal de dimensions spécifiées et avec des matériaux conformes à l'accord convenu entre le constructeur et l'utilisateur.

## SECTION 2: TESTS

### 2.1 Type of tests and general conditions of tests

#### 2.1.1 General conditions for performance of tests

See IEC 398.

Components of the electroheat installations shall comply with respective specifications.

NOTE - Attention should be drawn to the different parameters to be considered as regard to the rated values of an induction channel furnace and to the tests intended for their verification; irrespective of the size of furnace, its performance depends upon:

- the design of the furnace itself,
- type and use of cover,
- type and use of fume extraction,
- the material constituting the charge, i.e. the nature of the material and the size of the charge pieces,
- the type and frequency of power supply unit used to feed the furnace,
- the type of regulating system of the power supply unit for the furnace.

#### 2.1.2 List of tests

- a) Electrical withstand test of inductor assembly before installation of refractory lining (3.1.1).
- b) Pressure test of cooling water circuits (3.1.2).
- c) Flow test of cooling water circuits (3.1.3).
- d) Measurement of temperature rise of the coolant (3.1.4).
- e) Determination of power and power factor of the furnace power circuit (3.1.5).
- f) Determination of holding power (3.1.6).
- g) Determination of specific energy consumption, melting and/or superheating rate (3.1.7).
- h) Measurement of temperature of furnace structural components (3.1.8).

NOTE - Tests a), b), c), d) are mandatory.

Tests e), f), g), h) are not mandatory.

#### 2.1.3 Conditions for performing the tests

The tests a), b) and c) shall be undertaken after manufacture or repair.

The tests d), e), f), g) and h) are to be undertaken with a new channel of specified dimensions and materials as agreed between manufacturer and user.

Le poids et le type de la charge d'essai, qui doit être sèche et propre, ainsi que le processus technologique de fusion et de maintien doivent être fixés en accord entre l'utilisateur et le constructeur. Par type de charge, on entend la composition du matériau, la forme et les dimensions des pièces ainsi que le taux d'impuretés. Les processus technologiques englobent le chargement, le décrassage, l'échantillonnage, l'analyse métallurgique et le mesurage de la température.

Dans le cas d'installations de fours (par exemple des installations distributrices) comportant des dispositifs de productions qui peuvent avoir une influence sur un ou plusieurs des essais énumérés en 2.1.2, des essais supplémentaires appropriés doivent être prévus en accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Les données à déterminer par les essais des points e), f) et g) en 2.1.2 se rapportent à la tension nominale  $U_{1n}$  et à la fréquence nominale  $f_{1n}$ . Les écarts acceptables de la tension et de la fréquence nominale doivent être choisis en accord avec le constructeur du four et l'utilisateur. Si, au cours de l'essai, ces écarts sont dépassés, on doit en tenir compte dans l'évaluation des essais.

Lorsque le transformateur du réseau est utilisé uniquement pour l'alimentation de l'installation électrothermique, on prendra comme valeurs électriques à l'entrée de la ligne d'alimentation les valeurs correspondantes mesurées sur le côté secondaire du transformateur en tenant compte de sa caractéristique.

Toutes les mesures doivent être effectuées avec soin, en utilisant les dispositifs appropriés et en suivant avec précision les instructions d'utilisation. Les tolérances dans la précision de tous les dispositifs de mesure (de valeurs électriques, de température et de poids) doivent être établies en accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Lorsque des essais doivent être effectués à chaud, le four doit être en fonctionnement depuis 24 h au moins et s'il démarre avec un nouveau garnissage, il doit être en fonctionnement depuis trois jours au moins avant la réalisation des essais.

### SECTION 3: DESCRIPTION DES ESSAIS

#### 3.1 Méthodes d'essais et de mesures

##### 3.1.1 Essai de tenue diélectrique de l'ensemble inducteur

L'essai doit être effectué à la fréquence du réseau, avec une tension pratiquement sinusoïdale et de valeur égale à  $2 U_n + 1\,000$  V (avec un minimum de 2 000 V),  $U_n$  étant la tension nominale de la bobine inductrice. La tension doit être appliquée entre les éléments qui se trouvent sous tension pendant le fonctionnement normal du four et la totalité des autres éléments métalliques de l'ensemble inducteur qui, pour cet essai, sont raccordés les uns aux autres et mis à la terre. La tension doit être élevée progressivement pendant 10 s jusqu'à la valeur d'essai, puis maintenue à cette valeur pendant 1 min.

L'essai de tenue diélectrique des ensembles inducteurs est effectué avant la confection du revêtement réfractaire. Dans le cas de bobines refroidies par eau, la canalisation d'eau est débranchée pour que les éléments normalement sous tension pendant le fonctionnement du four ne soient pas reliés électriquement à la carcasse métallique du four par l'intermédiaire de l'eau.

Il ne doit y avoir, au cours de ces essais, ni amorçage ni contournement de l'isolation.

The weight and type of the test charge, which should be dry and clean, and the technological process for melting and holding are to be agreed between manufacturer and user. Type of charge means material composition, shape and size of pieces and the content of impurities. The technological processes include charging, deslagging, sampling, metallurgical analysis and temperature measurement.

In the case of furnace installations (e.g. dispensing units), where production facilities may affect one or more of the listed tests (see 2.1.2), additional appropriate tests are to be arranged in agreement between manufacturer and user.

The data to be established by the tests of items e), f) and g) of 2.1.2 are related to the rated voltage  $U_{1n}$  and rated frequency  $f_{1n}$ . Admissible deviations from the rated voltage and frequency shall be agreed between the furnace supplier and the user. If during the test these deviations are exceeded, this shall be taken into account in the evaluation.

In the case where the mains transformer is solely used for the electroheat installation the electrical values at the input of the supply line will be determined from the corresponding values on the secondary side of the transformer taking into account its characteristic.

All measurements are to be taken with care, using appropriate devices and following accurately their instructions for use. The tolerances of accuracy of all measuring devices (for values of electrical data, temperature and weight) are to be established and agreed upon between manufacturer and user.

Where tests are to be performed in the hot state the furnace shall have been in operation for at least 24 h prior to the test and in a case when it starts with a new lining, it shall have been in operation at least three days prior to the test.

### SECTION 3: DESCRIPTION OF TESTS

#### 3.1 Methods for tests and measurements

##### 3.1.1 *Electrical withstand test of the inductor assembly*

This test shall be performed at mains frequency with a substantially sine wave voltage of  $2 U_n + 1\,000\text{ V}$  (with a minimum of 2 000 V) where  $U_n$  is the rated voltage of the inductor coil. The voltage shall be applied between components which are live when the furnace is in normal operation and all other metal parts of the inductor assembly which are connected together and earthed for this test. The voltage shall be raised progressively within 10 s to its test value which should be maintained for 1 min.

The electrical withstand test for inductor assemblies is performed before the refractory lining is fitted. In the case of water-cooled coils the cooling water hoses are disconnected so that the components which are normally live during service of the furnace are not connected electrically to the metal casing of the furnace via the water.

No breakdown or flashover of the insulation shall occur during these tests.

### 3.1.2 Essai de tenue à la pression des circuits de refroidissement par eau

L'essai consiste à vérifier l'étanchéité des circuits de refroidissement par eau. Après avoir obturé la sortie des circuits d'eau, on augmente la pression de l'eau jusqu'à une valeur égale à 150 % de la pression définie par le constructeur du four. Cette pression est maintenue pendant au moins 5 min. On ne doit au cours de ces essais constater aucune fuite d'eau dans le circuit de refroidissement.

### 3.1.3 Essai de débit des circuits de refroidissement par eau

L'essai consiste à vérifier que les circuits de refroidissement par eau permettent le passage du débit d'eau spécifié sans dépasser la chute de pression spécifiée.

Le débit d'eau du circuit de refroidissement doit être mesuré au moyen d'un débitmètre ou déterminé par le volume d'eau débité pendant une certaine période de temps divisé par la durée de cette période.

### 3.1.4 Mesurage de l'échauffement du fluide de refroidissement

Cet essai doit être effectué à l'état chaud du four (1.3.31) travaillant dans les conditions nominales (1.3.29) à la fin de l'essai défini en 3.1.7. La température doit être mesurée au moyen de thermomètres, ou de dispositifs équivalents, placés dans le fluide de refroidissement à l'entrée et à la sortie des circuits de refroidissement du four. La différence entre les températures mesurées à l'entrée et à la sortie du circuit donnera l'élévation de la température du fluide de refroidissement. La température de sortie et l'élévation de température de ce fluide doivent se situer dans les limites fixées par le constructeur.

NOTE - Il est recommandé que plusieurs lectures soient relevées, par exemple toutes les 5 min vers la fin de la période d'essai indiquée en 3.1.7 pour s'assurer que le four a atteint un régime thermique stable à l'état chaud.

### 3.1.5 Détermination de la puissance $P_1$ (1.3.8) et du facteur de puissance $\cos \varphi_1$ (1.3.9) du circuit de puissance du four

La puissance active  $P_1$  doit être mesurée et la puissance apparente  $S_1$  peut être déterminée à partir des mesures du courant  $I_1$  et de la tension  $U_1$  en régime nominal (1.3.29) et à l'état chaud du four (1.3.31). Le facteur de puissance peut être calculé en faisant le rapport de la puissance active à la puissance apparente.

La classe de précision des instruments de mesure doit être  $\leq 1,5$ .

#### NOTES

1 Un taux d'harmoniques de tension ou de courant suffisamment réduit ne fausse pas le résultat des mesures; dans ces conditions, le facteur de puissance défini au paragraphe 1.3.9 devient pratiquement égal au  $\cos \varphi$  mesuré par un  $\cos \varphi$ -mètre. En cas d'alimentation triphasée, il convient de s'assurer que, pendant l'essai, les courants sur les trois phases ne présentent pas de déséquilibre notable. A titre indicatif, on peut considérer que cette condition est remplie quand l'écart entre les valeurs des courants et leur valeur moyenne ne dépasse pas  $\pm 10\%$ . Lorsque le déséquilibre entre les trois phases dépassent cette valeur, on doit utiliser une méthode appropriée donnant des résultats plus précis.

2 Du fait que les puissances active et réactive restent relativement constantes pendant cet essai, on peut aussi déterminer la puissance active à partir de l'énergie active (mesurée par un compteur d'énergie) consommée pendant un temps donné et divisée par ce temps; de même, le facteur de puissance  $\cos \varphi_1$  peut être déterminé en mesurant, au moyen de compteurs d'énergie appropriés, les énergies actives et réactives consommées durant la même période.

### 3.1.2 Pressure test of cooling water circuits

The test is to verify the integrity of the cooling water circuits. After closing the outlet of water circuits, the water pressure is raised to 150 % of the pressure specified by the furnace manufacturer. This pressure is maintained for at least 5 min. No water leakages shall occur during these tests.

### 3.1.3 Flow test of cooling water circuits

The test is to verify that the cooling water circuits will carry the specified flow without exceeding a specified pressure drop.

The water flow of the circuit shall be measured by use of a flowmeter or determined by the volume of flowing-out water during a certain time period divided by the time.

### 3.1.4 Measurement of temperature rise of the coolant

This test shall be carried out in the hot state (1.3.31) of the furnace operating under rated conditions (1.3.29) at the end of the test given in 3.1.7. The temperature shall be measured by thermometers or equivalent devices inserted in the coolant at the inlet and outlet of the cooling circuits. The difference between the inlet and outlet temperatures will give the value of the temperature rise. During the test the outlet temperature and the temperature rise shall be within manufacturer's specification.

NOTE - It is recommended that several readings should be taken, for example every 5 min towards the end of the test period given in 3.1.7 to ascertain that the furnace has attained a stable hot state condition.

### 3.1.5 Determination of power $P_1$ (1.3.8) and power factor $\cos \phi_1$ (1.3.9) of the furnace power circuit

The active power  $P_1$  is to be measured and the apparent power  $S_1$  can be determined by the measurement of the current  $I_1$  and the voltage  $U_1$  at rated duty (1.3.29) and at the hot state of the furnace (1.3.31). The power factor can be calculated as the ratio of the active power and the apparent power.

The accuracy class of the measuring instruments should be  $\leq 1,5$ .

#### NOTES

1 The content of voltage and current harmonics, when sufficiently reduced, does not affect the test result; in these conditions the power factor defined in 1.3.9 becomes practically equal to the  $\cos \phi$  measured by means of a  $\cos \phi$  meter. In the case of a three-phase supply, it should be ensured that during these measurements currents in the three phases show no significant unbalance. It can be considered as a guideline that this requirement is met when the deviation of the current values from their mean value does not exceed  $\pm 10\%$ . Where the out-of-balance of the three-phase line currents exceeds  $\pm 10\%$ , an appropriate and more accurate method shall be employed.

2 Active and reactive power remaining relatively constant during this test, active power may also be determined by the active energy (measured by an energy-meter) consumed in a given time divided by this time; similarly, power-factor  $\cos \phi_1$  may be determined by measuring active and reactive energy consumed in the same time period by means of adequate energy meters.

### 3.1.6 Détermination de la puissance de maintien $P_h$ (1.3.35)

Le four, contenant la charge totale, doit avoir fonctionné en service normal pendant un temps suffisant pour être à l'état chaud (1.3.31). Pendant toute la durée des essais, la température finale de la charge doit être maintenue aussi constante que possible.

Outre la température de la charge, on doit mesurer l'énergie consommée par le four ainsi que le temps de maintien. L'énergie doit être mesurée à l'entrée du circuit de puissance du four. On calcule la puissance de maintien en faisant le quotient de l'énergie par le temps.

La classe de précision des instruments de mesure doit être  $\leq 1,5$ .

### 3.1.7 Détermination de la consommation spécifique d'énergie (1.3.37) de la vitesse de fusion et/ou de surchauffe (1.3.38)

La mesure ne peut commencer qu'après que le four ait fonctionné pendant un temps suffisant pour être sûr qu'il soit à l'état chaud.

Avant que l'essai ne commence, une charge de poids égal à celui de la charge d'essai doit être coulée, le plus rapidement possible en une seule fois, du four contenant sa charge totale. Si la charge d'essai est inférieure à la charge nominale, on doit s'assurer que la charge résiduelle est bien à la température finale désirée (1.3.25). Dans tous les cas, le chargement doit commencer immédiatement après la coulée ou après que la charge résiduelle a été portée à la température finale.

Immédiatement après le chargement de tout ou partie de la charge d'essai, le four est mis sous tension et la période d'essai commence, au cours de laquelle le four est chargé de façon continue jusqu'à atteindre la charge d'essai. Dès que la charge atteint sa température finale, le four est déclenché et la période d'essai s'achève.

L'énergie électrique consommée pendant la période d'essai doit être mesurée à la ligne d'alimentation du circuit de puissance du four. Il convient également de noter le temps pendant lequel le four est resté sous tension ainsi que la température de la charge au début de l'essai et avant la coulée. Afin d'éviter une surchauffe excessive, plusieurs mesures doivent être effectuées avant que la charge n'ait atteint la température finale. C'est alors qu'elle doit être coulée.

La consommation spécifique d'énergie est déterminée en faisant le quotient de l'énergie déterminée conformément à l'alinéa ci-dessus (déduction faite de l'énergie absorbée pour compenser les pertes thermiques résultant du déclenchement de l'alimentation pendant la période d'essai) par le poids de la charge d'essai contenue dans le four pendant cette même période.

La vitesse de fusion et/ou de surchauffe du four est déterminée en faisant le quotient du poids de la charge d'essai par le temps pendant lequel le four est resté sous tension au cours de la période d'essai (déduction faite du temps utilisé pour compenser les pertes thermiques résultant du déclenchement de l'alimentation pendant la période d'essai).

### 3.1.6 *Determination of holding power $P_h$ (1.3.35)*

The furnace, containing the total charge, shall have been in normal operation for a sufficient time to ensure that it is in the hot state (1.3.31). Throughout the test period, the final temperature of the charge shall be maintained as constant as practicable.

In addition to the temperature of the charge, the energy consumption of the furnace and the holding time are measured. The energy shall be measured at the input to the furnace power circuit. The holding power is calculated by dividing the energy by the time.

The accuracy class of the measuring instruments shall be  $\leq 1,5$ .

### 3.1.7 *Determination of specific energy consumption (1.3.37), melting and/or superheating rate (1.3.38)*

The measurement is started after the furnace has been in operation for a sufficient time to ensure that it is in the hot state.

Before the test starts a charge of the weight of the test charge has to be poured as quickly as possible in one delivery from the furnace containing its total charge. If the test charge is less than the rated charge, the remaining charge shall be at the final temperature (1.3.25). In any case, charging should be started immediately after tapping or after the remaining charge is heated up to its final temperature.

Immediately after loading the test charge or part of it, the power is switched on and the test period is started, during which charging continues until the test charge has been completely introduced into the furnace. As soon as the charge has been heated up to final temperature, the furnace is switched off and the test period is over.

The electrical energy consumed during the test period shall be measured at the supply line to the furnace power circuit. The power-on time is to be noted for the test period, as well as the charge temperature at the start and at tapping. In order to prevent excessive overheating of the charge, several temperature measurements shall be made before final temperature is attained, at which time the charge shall be tapped.

The specific energy consumption is calculated by dividing the energy as measured, according to the previous paragraph of this sub-clause (subtracting the additional energy consumption that compensates for the thermal losses occurring by switching off power during the test period) by the weight of the test charge in the furnace during this time.

The melting and/or superheating rate of the furnace is calculated by dividing the weight of the test charge by the power-on time for the test period (subtracting the time used to compensate for the thermal losses occurring when power has been switched off during the test period).

Il est recommandé de répéter l'essai ci-dessus pendant plusieurs cycles successifs de fusion et/ou surchauffe (par exemple trois) et d'adopter la moyenne des résultats pour la consommation spécifique d'énergie et pour la vitesse de fusion et/ou de surchauffe.

NOTE - Les pertes thermiques dues à l'ouverture du couvercle et aux temps morts peuvent avoir une influence sur les résultats. Elles doivent être réduites au minimum et doivent être prises en compte pour l'évaluation des résultats.

### 3.1.8 *Mesurage de la température des parties constitutives du four*

Cet essai doit être effectué immédiatement après l'essai défini en 3.1.7. On doit mesurer, au moyen d'un couple thermoélectrique de contact, d'un thermomètre ou de dispositifs équivalents, les températures à différents points de la surface extérieure de la carcasse du four.

Withdrawing  
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60396:1991