

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 646

Première édition – First edition

1979

Méthodes d'essai des fours à induction à creuset

Test methods for crucible induction furnaces



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous :

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera :

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique ;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision 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 on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology ;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 646

Première édition – First edition

1979

Méthodes d'essai des fours à induction à creuset

Test methods for crucible induction furnaces



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.

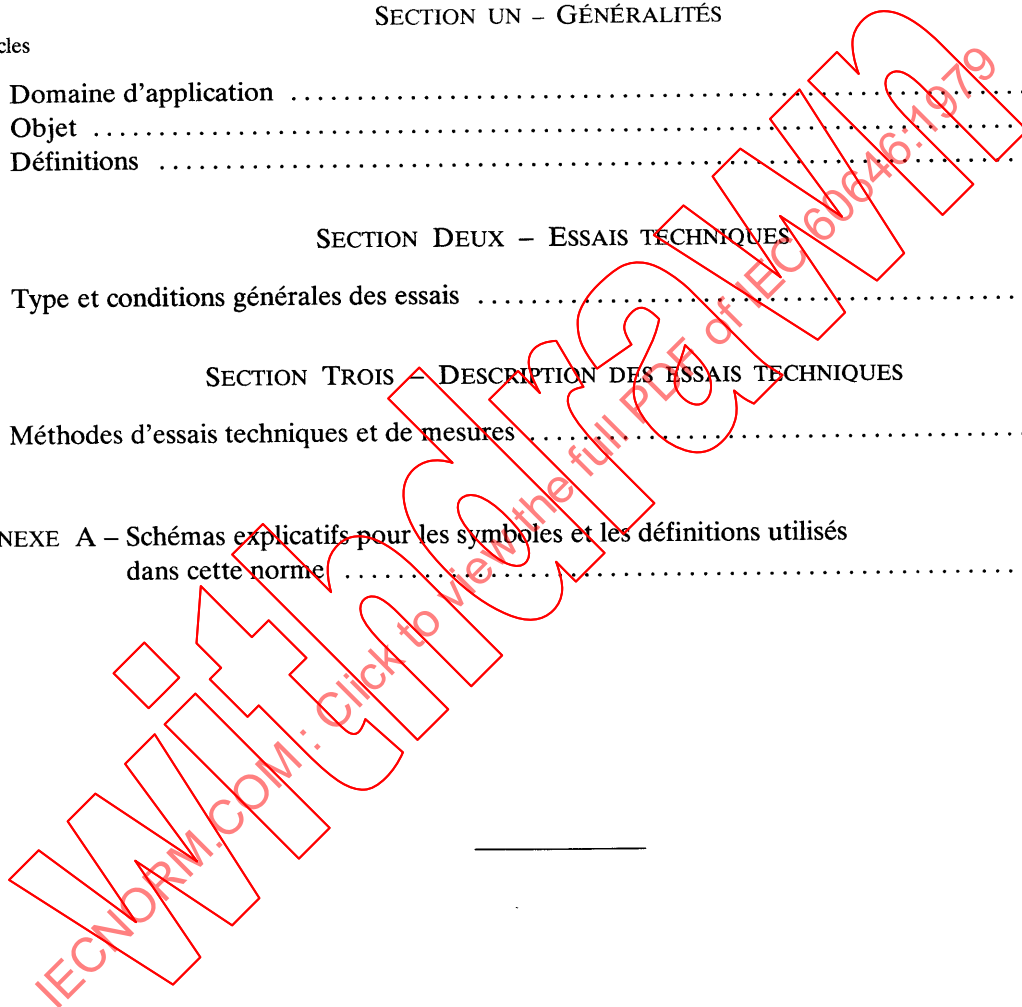
No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

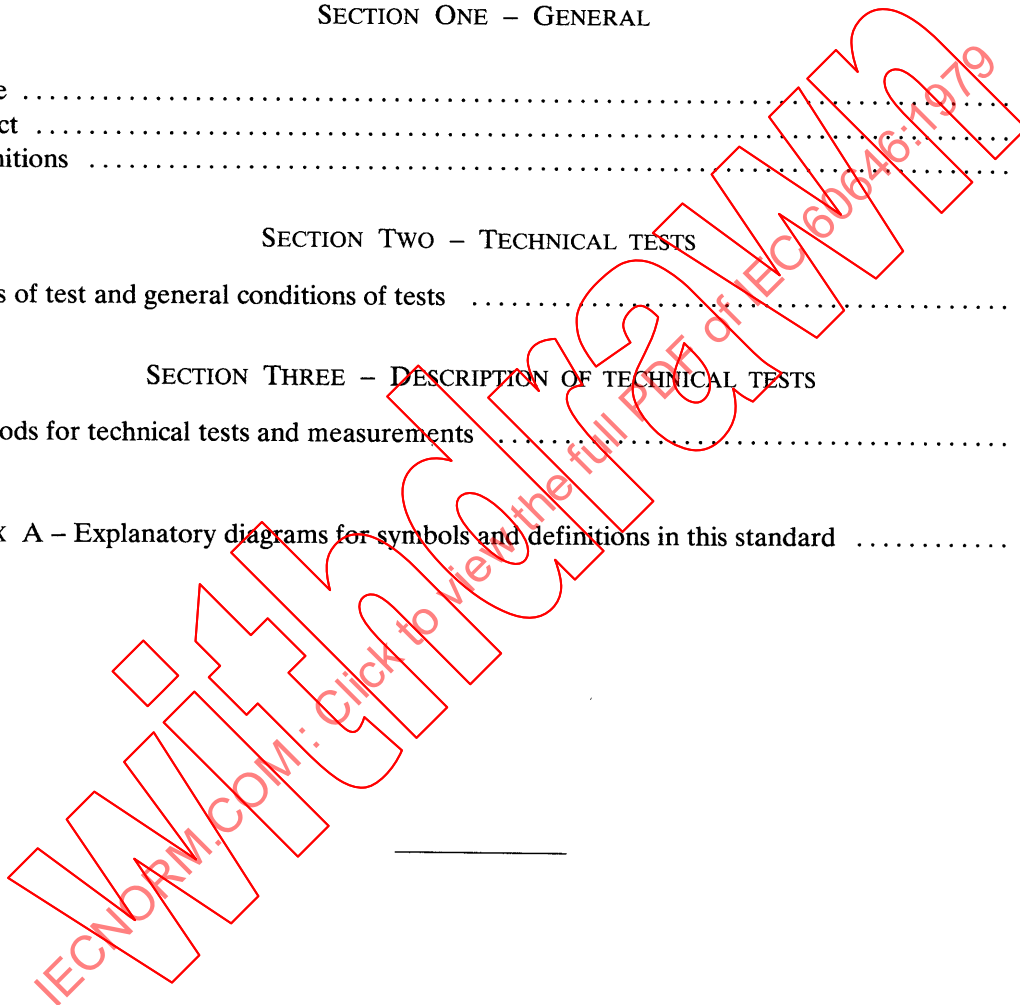
SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
SECTION UN – GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Définitions	6
SECTION DEUX – ESSAIS TECHNIQUES	
4. Type et conditions générales des essais	14
SECTION TROIS – DESCRIPTION DES ESSAIS TECHNIQUES	
5. Méthodes d'essais techniques et de mesures	16
ANNEXE A – Schémas explicatifs pour les symboles et les définitions utilisés dans cette norme	22



CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
 SECTION ONE – GENERAL	
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Definitions	7
 SECTION TWO – TECHNICAL TESTS	
4. Types of test and general conditions of tests	15
 SECTION THREE – DESCRIPTION OF TECHNICAL TESTS	
5. Methods for technical tests and measurements	17
APPENDIX A – Explanatory diagrams for symbols and definitions in this standard	23



COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES FOURS À INDUCTION À CREUSET

PRÉAMBULE

- 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.

PRÉFACE

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

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Toronto en 1974. A la suite de cette réunion, un projet, document 27(Bureau Central)27, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1975.

Des modifications, document 27(Bureau Central)34, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en juillet 1976.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Pays-Bas
Allemagne	Pologne
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Egypte	Tchécoslovaquie
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
France	Union des Républiques
Italie	Socialistes Soviétiques
Japon	Yougoslavie

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n°s 50: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.)
398: Conditions générales d'essai des installations électrothermiques industrielles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TEST METHODS FOR CRUCIBLE INDUCTION 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.

PREFACE

This standard has been prepared by Technical Committee No. 27, Industrial Electroheating Equipment.

A first draft was discussed at the meeting held in Toronto in 1974. As a result of this meeting, a draft, Document 27(Central Office)27, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1975.

Amendments, Document 27(Central Office)34, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in July 1976.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Poland
Canada	Romania
Czechoslovakia	South Africa (Republic of)
Denmark	Sweden
Egypt	Turkey
France	Union of Soviet Socialist
Germany	Republics
Italy	United Kingdom
Japan	United States of America
Netherlands	Yugoslavia

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publications Nos. 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.)
398: General Test Conditions for Industrial Electro-heating Equipment.

MÉTHODES D'ESSAI DES FOURS À INDUCTION À CREUSET

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux installations d'électrothermie comportant des fours industriels à induction à creuset pour la fusion et le maintien en température d'une charge à l'état fondu.

2. Objet

La présente publication 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.

La liste des essais recommandés dans la présente publication n'est pas obligatoire: elle n'est pas non plus limitative. On peut, en fonction des besoins, choisir dans la liste des essais proposés, ceux d'entre eux qui sont nécessaires à la détermination et à l'évaluation d'un four. Les essais complémentaires peuvent être effectués, mais de préférence en accord entre les constructeurs et les utilisateurs des fours concernés.

3. Définitions

Pour les définitions des termes fondamentaux et généraux du domaine de l'électrothermie, le lecteur est invité à se reporter au Chapitre 05: Définitions fondamentales et au Chapitre 40: Applications électrothermiques, de la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.).

Les définitions suivantes se rapportent à la présente norme.

3.1 *Installation électrothermique d'un four à induction à creuset*

Installation composée du four à induction à creuset et du matériel électrique et mécanique nécessaire au fonctionnement et à l'exploitation du four.

L'installation électrique comprend notamment les conducteurs et les appareillages des circuits de puissance, de commande et de régulation situés en aval de l'interrupteur principal (voir les schémas explicatifs à l'annexe A).

3.2 *Circuit compensé du four*

Circuit électrique constitué par l'ensemble inducteur et condensateurs de compensation.

3.3 *Puissance de l'installation électrothermique (puissance apparente S_n (kVA) ou puissance active P_n (kW))*

Puissance électrique calculée ou mesurée à l'entrée de la ligne d'alimentation, tous les paramètres électriques étant à leur valeur nominale. (La puissance apparente S_n est calculée en kilovoltampères. La puissance active P_n est mesurée en kilowatts.)

TEST METHODS FOR CRUCIBLE INDUCTION FURNACES

SECTION ONE – GENERAL

1. Scope

This standard applies to electroheating installations comprising industrial coreless (crucible) induction furnaces for melting and for holding at temperature a molten charge.

2. Object

The object of this publication is the standardization of test methods to determine the essential parameters and technical characteristics of electroheating installations comprising the furnaces indicated above.

The list of tests recommended in the present publication is not mandatory, and is not restrictive. Tests may be selected from the proposed list of tests 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.

3. Definitions

For definitions of fundamental and general terms in the electroheating field, the reader should refer to Chapter 05: Fundamental definitions, and Chapter 40: Electroheating application of IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.).

The following definitions apply for the purpose of this standard.

3.1 *Electroheating installation with coreless (crucible) induction furnace*

Installation comprising the coreless (crucible) induction furnace and the electrical and mechanical equipment necessary for the operation and utilization of the furnace.

The electrical installation comprises all electrical components including conductors and switchgear in the power control, and regulation circuits situated after the main circuit-breaker (see Appendix A).

3.2 *Compensated circuit of the furnace*

The electric circuit comprising the inductor and its compensating capacitor bank.

3.3 *Power of an electroheating installation (apparent power S_n (kVA) or active power P_n (kW))*

The electric power calculated or measured at the input of the supply line, all the electrical parameters being at rated values. (The apparent power S_n is calculated in kilovolt-amperes. The active power P_n is measured in kilowatts.)

3.4 *Facteur de puissance de l'installation électrothermique*

Rapport de la puissance active à la puissance apparente mesurée à l'entrée de la ligne d'alimentation.

3.5 *Puissance de maintien de l'installation électrothermique P_m (kW)*

Puissance active P_m exprimée en kilowatts absorbée par l'installation pour maintenir la charge nominale à la température nominale.

3.6 *Consommation spécifique d'énergie (kWh/kg)*

Rapport de la quantité totale d'énergie électrique (en kilowattheures) consommée par l'installation électrothermique pour le chauffage, la fusion, éventuellement la surchauffe de la charge, au poids de la charge nominale (en kilogrammes), voir paragraphe 3.15.

3.7 *Vitesse de fusion de l'installation électrothermique (kg/h)*

Rapport du poids de la charge (en kilogrammes) portée à la température finale, au temps total (en heures) nécessaire pour le chauffage, la fusion et éventuellement la surchauffe de la charge à la température requise.

3.8 *Valeurs nominales de l'installation électrique côté alimentation*

Les valeurs nominales de l'installation sont celles pour lesquelles elle est construite et marquée; le marquage comprend au moins:

- la fréquence f_n (Hz)
- la tension U_n (V)
- le type de branchement (mono ou triphase)
- la puissance active P_n (kW)
- la puissance apparente S_n (kVA).

3.9 *Four à induction à creuset*

Four de fusion ou de maintien, sans circuit magnétique fermé, dans lequel la chaleur est engendrée, directement dans la charge ou dans le creuset contenant la charge, par un inducteur disposé autour de ce creuset.

3.10 *Creuset*

Récipient contenant la charge, construit en matériaux réfractaires ou conducteurs.

3.11 *Inducteur*

Ensemble constitué par la bobine inductrice, le creuset et les armatures. Cet ensemble peut être éventuellement interchangeable.

3.12 *Bobine inductrice*

Bobine inductrice (destinée à être raccordée à une source d'alimentation à basse ou moyenne fréquence) créant le flux magnétique qui engendre des courants induits dans la charge métallique ou dans le creuset en matériau conducteur.

3.4 *Power-factor of an electroheating installation*

The ratio of the active power to the apparent power, measured at the input of the supply line.

3.5 *Holding power of an electroheating installation P_m (kW)*

Active power (P_m expressed in kilowatts) consumed by the installation, in order to maintain the rated charge at the rated temperature.

3.6 *Specific energy consumption (kWh/kg)*

Ratio of the total amount of electric energy (in kilowatthours) consumed by an electroheating installation for heating, melting and possibility of superheating the charge to the weight of the rated charge (in kilograms). See Sub-clause 3.15.

3.7 *Melting rate of the furnace of an electroheating installation (kg/h)*

Ratio of weight of the charge (in kilograms) brought to its final temperature to the total time (in hours) necessary for heating, melting and possibly superheating of the charge.

3.8 *Rated values of an electroheating installation*

The rated values of the installation are those for which it is designed and marked; the marking comprises at least:

- frequency f_n (Hz)
- voltage U_n (V)
- supply (single or three-phase)
- active power P_n (kW)
- apparent power S_n (kVA).

3.9 *Coreless (crucible) induction furnace*

Melting or holding furnace, without closed magnetic circuit, in which the heat is generated, directly in the charge or in the crucible containing it, by an inductor disposed around the crucible.

3.10 *Crucible*

Receptacle containing the charge and made of refractory or conductive material.

3.11 *Inductor*

Assembly of the induction coils, the crucible and the surrounding framework or metal casing. Inductor units may be interchangeable.

3.12 *Induction coil*

Induction coil (intended to be connected to a supply of low or medium frequency) creating the magnetic field, which generates induced currents in the metal charge or in the crucible of conductive materials.

3.13 *Armature support des bobines*

Système d'assemblage et de maintien des bobines. Il peut comprendre les écrans magnétiques créant un passage de faible réluctance pour le flux de fuite des bobines afin d'éviter l'échauffement des éléments métalliques de construction situés à proximité.

3.14 *Capacité nominale du four (m^3)*

Volume de la charge liquide nominale spécifiée que peut contenir le four avec la dimension spécifiée du creuset en fonctionnement normal et à puissance nominale.

3.15 *Charge nominale (kg)*

Poids de la charge liquide spécifiée correspondant à la capacité nominale.

3.16 a) *Tension du circuit compensé du four U_c (V)*

Tension à l'entrée du circuit compensé du four.

b) *Tension du four U_F (V)*

Tension aux bornes de la bobine inductrice ou du système des bobines inductrices du four.

3.17 *Courant du four I_F (A)*

Courant absorbé par la bobine inductrice ou par le système des bobines inductrices du four à la tension nominale.

3.18 *Fréquence du four f_F (Hz)*

Fréquence appliquée aux bornes de la (des) bobine(s) inductrice(s) ou du système de bobines inductrices du four.

3.19 *Température de la charge ϑ ($^{\circ}C$)*

Température du matériau constituant la charge, à un instant donné.

3.20 *Température finale de la charge ϑ_{Chf} ($^{\circ}C$)*

Température que la charge doit atteindre immédiatement avant la coulée.

3.21 *Température d'entrée du fluide de refroidissement ϑ_{Fi} ($^{\circ}C$)*

Température du fluide de refroidissement à l'entrée du circuit de refroidissement du four.

3.22 *Température de sortie du fluide de refroidissement ϑ_{Fo} ($^{\circ}C$)*

Température du fluide de refroidissement à la sortie du circuit de refroidissement du four en fonctionnement dans les conditions nominales.

3.23 *Température ambiante ϑ_A ($^{\circ}C$)*

Température de l'air à l'extérieur du four en un point suffisamment éloigné pour que la radiation de chaleur ou la convection naturelle n'exercent aucune influence.

3.24 *Service du four dans les conditions nominales (service nominal du four)*

Fonctionnement du four aux valeurs nominales (tension, fréquence, puissance et capacité nominale).

3.13 *Coil supporting framework*

Holding assembly for the induction coil(s). It may comprise magnetic-screens, creating a low-reluctance path for the magnetic flux outside the coil(s) thus preventing the heating of the surrounding construction.

3.14 *Rated capacity of furnace (m^3)*

Volume of the specified nominal molten charge which the furnace may contain with the specified crucible dimensions under normal operating conditions and at rated power.

3.15 *Rated charge (kg)*

Weight of molten specified charge corresponding to the rated capacity.

3.16 a) *Voltage of the compensated circuit of the furnace U_c (V)*

Voltage across the terminals of the input of the compensated circuit of the furnace.

b) *Furnace voltage U_F (V)*

Voltage across the terminals of the induction coil or system of induction coils of the furnace.

3.17 *Furnace current I_F (A)*

Current absorbed by the induction coil or the system of induction coils of a furnace at rated voltage.

3.18 *Furnace frequency f_F (Hz)*

Frequency applied to the terminals of the furnace induction coil(s) or the system of induction coils.

3.19 *Charge temperature ϑ ($^{\circ}C$)*

The temperature of the material representing the charge at a given moment.

3.20 *Final charge temperature ϑ_{chF} ($^{\circ}C$)*

The temperature which the charge should reach immediately before tapping.

3.21 *Inlet temperature of coolant ϑ_{Fi} ($^{\circ}C$)*

Temperature of coolant when entering the cooling circuit of the furnace.

3.22 *Outlet temperature of coolant ϑ_{Fo} ($^{\circ}C$)*

Temperature of coolant when leaving the cooling circuit of furnace operating under rated conditions.

3.23 *Ambient temperature ϑ_A ($^{\circ}C$)*

Air temperature outside the furnace at a point sufficiently remote so that heat radiation or natural convection exert no influence.

3.24 *Furnace duty in rated conditions (rated furnace duty)*

Furnace operation at the rated values (voltage, frequency, power and rated capacity).

3.25 *Etat chaud du four*

Etat du four pour lequel la charge a atteint la température finale en régime thermique permanent du four.

3.26 *Régime thermique permanent du four*

Régime thermique dans lequel toute l'énergie fournie au four sert à compenser les pertes calorifiques.

3.27 *Etat 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.

3.28 *Service intermittent du four*

Service pendant lequel la nouvelle charge n'est mise dans le four qu'après la coulée de la charge précédente.

3.29 *Service continu du four*

Fonctionnement pendant lequel la charge fondue est continuellement complétée au fur et à mesure qu'elle est soutirée.

3.30 *a) Puissance du circuit compensé du four*

Puissance électrique (apparente S_c en kilovoltampères ou active P_c en kilowatts) du four chargé à l'entrée du circuit compensé.

b) Puissance du four

Puissance électrique (apparente S_F en kilovoltampères ou active P_F en kilowatts) du four aux bornes de la bobine inductrice ou du système des bobines inductrices.

3.31 *a) Facteur de puissance du circuit compensé du four*

Rapport de la puissance active à la puissance apparente du four, à l'entrée du circuit compensé.

b) Facteur de puissance de l'inducteur du four

Rapport de la puissance active à la puissance apparente du four aux bornes de la bobine inductrice ou du système des bobines inductrices.

3.25 *Hot state of furnace*

State of a furnace after the charge attains the final temperature in the thermal steady-state of the furnace.

3.26 *Thermal steady-state of a furnace*

Thermal state in which the whole energy input into the furnace is used for the compensation of thermal losses.

3.27 *Cold state of furnace*

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

3.28 *Intermittent (batch) operation of a furnace*

Operation in which a new melting cycle is started only after the tapping of the preceding charge.

3.29 *Continuous operation of a furnace*

Operation during which the molten charge is continually withdrawn, and charge is continually added.

3.30 a) *Power of the compensated circuit*

Electric power (apparent S_c in kilovolt-amperes or active P_c in kilowatts) of the charged furnace, at the input of the compensated circuit.

b) *Furnace power*

Electric power (apparent S_F in kilovolt-amperes or active P_F in kilowatts) of the charged furnace at the terminals of the induction coil or system of induction coils.

3.31 a) *Power-factor of compensated circuit*

Ratio of the active power to the apparent power of the furnace, at the input to the compensated circuit.

b) *Power-factor of furnace inductor*

Ratio of active power to the apparent power of the furnace, at the terminal of the induction coil or system of induction coils.

SECTION DEUX – ESSAIS TECHNIQUES

4. Type et conditions générales des essais

4.1 Conditions générales de l'exécution des essais techniques

Voir la Publication 398 de la CEI: Conditions générales d'essai des installations électrothermiques industrielles.

Les éléments entrant dans la composition de l'installation électrothermique doivent être choisis en conformité avec les spécifications particulières les concernant (câbles, inducteur, condensateurs, etc.).

Note. – Il convient d'attirer l'attention sur les différents paramètres à considérer en ce qui concerne les valeurs nominales d'un four à creuset et sur les essais destinés à les vérifier; quelle que soit la dimension du four à creuset, ses performances dépendent:

- de la construction du four lui-même,
- du matériau constituant la charge, c'est-à-dire de la nature du matériau et des dimensions des composants de la charge,
- du type et de la fréquence du réseau alimentant le four,
- de la présence ou de l'absence de moyens de régulation qui permettent de maintenir la puissance à son niveau maximal pendant toute la durée de fusion,
- enfin, de l'aptitude à supporter des variations rapides de puissance réactive de la source d'alimentation du four.

4.2 Liste des essais techniques recommandés

- a) Essai de tenue diélectrique de l'inducteur (paragraphe 5.1).
- b) Essai de tenue à la pression des inducteurs refroidis par eau (paragraphe 5.2).
- c) Essai de débit des inducteurs refroidis par eau (paragraphe 5.3).
- d) Mesurage de la puissance et du facteur de puissance de l'installation électrothermique (paragraphe 5.4).
- e) Détermination de la puissance de maintien de l'installation électrothermique (paragraphe 5.5).
- f) Détermination de la consommation spécifique d'énergie et de la vitesse de fusion de l'installation électrothermique (paragraphe 5.6).
- g) Mesurage de l'échauffement du fluide de refroidissement (paragraphe 5.7).
- h) Mesurage de la température des parties constitutives du four (paragraphe 5.8).
- i) Mesurage de la température de la charge (paragraphe 5.9).

4.3 Conditions pour la réalisation des essais

Les essais a), b) et c) doivent être effectués en usine. Les essais d), e), f), g), h) et i) devront être effectués en fonctionnement en charge et avec creuset neuf de dimensions spécifiées et garnissage conforme aux spécifications convenues entre le constructeur et l'utilisateur. La nature et les dimensions de la charge ainsi que le processus technologique de fusion et de maintien doivent également être fixés en accord entre l'utilisateur et le constructeur. Lorsque le four a une régulation mécanique ou électrique, des méthodes d'essais appropriées peuvent en outre être fixées en accord entre le constructeur et l'utilisateur.

SECTION TWO – TECHNICAL TESTS

4. Types of test and general conditions of tests

4.1 General conditions for performance of tests

See IEC Publication 398: General Test Conditions for Industrial Electroheating Appliances.

Components of the electroheating installations shall be chosen in accordance with respective specifications (cables, inductor, capacitors, etc.).

Note. – Attention should be drawn to the different parameters to be considered as regards the rated values of a crucible induction furnace and to the tests intended for their verification; irrespective of the size of the crucible furnace, its performance depends upon:

- the design of the furnace itself,
- the material constituting the charge, i.e. on the nature of the material and on the size of the charge components,
- the type and frequency of the power supply unit used to feed power to the furnace,
- the presence or lack of regulating means which permits the input power to be maintained at its maximum throughout the melting cycle,
- finally, the ability of the power source supplying the furnace to withstand rapid variations of the reactive power.

4.2 List of recommended technical tests

- a) Electrical withstand test of induction coil (Sub-clause 5.1).
- b) Pressure test of water-cooled induction coils (Sub-clause 5.2).
- c) Flow test of water-cooled induction coils (Sub-clause 5.3).
- d) Measurement of power and power factor of the electroheating installation (Sub-clause 5.4).
- e) Determination of holding power of the electroheating installation (Sub-clause 5.5).
- f) Determination of specific energy consumption and melting rate of the electroheating installation (Sub-clause 5.6).
- g) Measurement of temperature rise of the coolant (Sub-clause 5.7).
- h) Measurement of temperature of the furnace constructional elements (Sub-clause 5.8).
- i) Measurement of temperature of charge (Sub-clause 5.9).

4.3 Conditions for performing the technical tests

The tests a), b) and c) shall be carried out at the manufacturer's works. The tests d), e), f), g), h) and i) are to be undertaken operating with charge, and with a new crucible of specified dimensions and lining in accordance with specifications agreed between manufacturer and user. The kind and size of charge as well as the technological processes for the melting and holding are also to be agreed between manufacturer and user. When the furnace has a mechanical or an electrical regulation, appropriate test methods may also be arranged in agreement between manufacturer and user.

SECTION TROIS – DESCRIPTION DES ESSAIS TECHNIQUES

5. Méthodes d'essais techniques et de mesures

5.1 Essai de tenue diélectrique de l'inducteur

L'essai doit être effectué à la fréquence du réseau, avec une tension pratiquement sinusoïdale et de valeur égale à $2 U_n + 1000 \text{ V}$ (avec un minimum de 2000 V), où U_n est la tension nominale de l'inducteur. La tension est appliquée entre les éléments qui se trouvent sous tension pendant le fonctionnement normal du four, tous les éléments métalliques accessibles au toucher étant raccordés les uns aux autres et mis à la terre; elle doit être augmentée progressivement pendant 10 s jusqu'à la valeur d'essai, puis maintenue à cette valeur pendant 1 min.

L'essai de tenue diélectrique des fours refroidis par eau est effectué avant la confection du garnissage, la canalisation d'eau étant débranchée de façon 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.

5.2 Essai de tenue à la pression des inducteurs refroidis par eau

Cet 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 devrait au cours de ces essais constater aucune fuite d'eau dans le circuit de refroidissement.

5.3 Essai de débit des inducteurs

L'essai consiste à vérifier par une méthode appropriée que les circuits de refroidissement d'une bobine ou des bobines permettent le passage du débit d'eau spécifié sans dépasser la chute de pression préalablement prévue.

5.4 Mesurage de la puissance et du facteur de puissance de l'installation électrothermique

Cet essai comprend la mesure des grandeurs définies aux paragraphes 3.3 et 3.4 à l'entrée de l'installation.

La mesure de la puissance active est faite au moyen d'appareils de mesure appropriés. La détermination de la puissance apparente peut être effectuée à partir des mesures du courant et de la tension. Les mesures doivent être exécutées dans les conditions de fonctionnement en régime nominal (paragraphe 3.24) et à l'état chaud du four (paragraphe 3.25). 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 devra être $\leq 1,5$.

Note. – 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 3.4 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 dépasse cette valeur, la détermination exacte du facteur de puissance peut se faire à l'aide d'un calcul correctif.

SECTION THREE – DESCRIPTION OF TECHNICAL TESTS

5. Methods for technical tests and measurements

5.1 *Electrical withstand test of the inductor coil(s)*

This test shall be performed at mains frequency with a substantially sinewave voltage of $2 U_n + 1000 \text{ V}$ (with a minimum of 2000 V) where U_n is the rated voltage of the inductor. The voltage shall be applied between components which are live when the furnace is in normal operation and all metal parts accessible to touch are connected together and earthed. 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 water-cooled furnaces is performed before the refractory lining is fitted and with the cooling water duct disconnected so that the components which are normally live during service of the furnace are not connected electrically to the metal housing of the furnace via the water.

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

5.2 *Pressure test of water-cooled induction coil(s)*

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 should occur during these tests.

5.3 *Flow test of induction coil(s)*

The test is to verify by means of an appropriate method that the cooling circuits of the coil(s) will carry the specified flow without exceeding a specified pressure drop.

5.4 *Measurements of power and power factor of an electroheating installation*

This test comprises measurement of the quantities defined in Sub-clauses 3.3 and 3.4 at the input of the installation.

The measurement of active power, is made by means of appropriate measuring instruments. The apparent power can be determined from the measurement of the current and voltage. The measurements shall be carried out at rated duty (Sub-clause 3.24) and at the hot state of the furnace (Sub-clause 3.25). 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 ≤ 1.5 .

Note. – The content of voltage and current harmonics when sufficiently reduced does not affect the test result; in these conditions the power factor defined in Sub-clause 3.4 becomes practically equal to the $\cos \varphi$ measured by means of a $\cos \varphi$ -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 could 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 must be employed.

5.5 Détermination de la puissance de maintien de l'installation électrothermique

Le four contenant la charge nominale doit avoir fonctionné pendant un temps suffisant pour être à l'état chaud (paragraphe 3.25). Pendant toute la durée des essais, la température finale de la charge doit être maintenue sensiblement constante. 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 de la ligne d'alimentation avec un compteur d'énergie électrique. On calcule la puissance de maintien en faisant le quotient de l'énergie par le temps.

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

5.6 Détermination de la consommation spécifique d'énergie de l'installation électrothermique et de la vitesse de fusion

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

L'essai commence après qu'une charge égale à la charge d'essai ait été coulée du four contenant sa charge nominale. Si la charge d'essai est inférieure à la charge nominale, on doit s'assurer que la charge restante est bien à la température finale désirée (paragraphe 3.20). Dans tous les cas, le chargement commence immédiatement après la coulée ou après que la charge restante ait été portée à la température finale.

Pendant la marche du four, l'énergie électrique consommée doit être mesurée aux bornes de l'installation avec un compteur d'énergie électrique. Il convient également de mesurer le temps pendant lequel le four est resté sous tension (c'est-à-dire le temps de chauffage de la charge) ainsi que la température de la charge au début de l'essai et avant la coulée, afin d'éviter un échauffement excessif de la charge qui devra être coulée immédiatement après avoir atteint la température finale.

La fusion et éventuellement la surchauffe terminées, on doit couler la charge et effectuer, d'une manière analogue, trois autres coulées successives au moins.

La consommation spécifique d'énergie est déterminée en faisant le quotient de l'énergie consommée pendant le cycle de mesure décrit (déduction faite du temps pendant lequel le four a été mis et est resté hors service) par le poids de la charge soutirée du four, pendant ce même cycle. La valeur à prendre en compte est la moyenne arithmétique des valeurs des consommations spécifiques d'énergie déterminées au cours de différents essais.

La vitesse de fusion du four est déterminée en faisant le quotient du poids de la charge soutirée du four, pendant le cycle de mesure décrit ci-dessus, par la durée du cycle de mesure. La valeur à prendre en compte est la moyenne arithmétique des valeurs de la vitesse de fusion déterminées au cours de différents essais.

Note. – Les pertes thermiques dues à l'ouverture du couvercle et aux temps morts peuvent avoir une influence importante sur les résultats obtenus pendant l'essai. Elles doivent être réduites au minimum et il faudra en tenir compte pour l'évaluation des résultats.

5.7 Mesurage de l'échauffement du fluide de refroidissement

Cet essai doit être effectué à l'état chaud du four (paragraphe 3.25) travaillant dans les conditions nominales (paragraphe 3.24) à la fin de l'essai défini au paragraphe 5.6. La température doit être mesurée au moyen de thermomètres ou de dispositifs équivalents placés à l'entrée et à la sortie du circuit de refroidissement du four, en lisant leurs indications toutes les 5 min pendant une période d'au moins 30 min. La différence des valeurs moyennes des températures lues à l'entrée et à la sortie donnera la valeur de la température d'échauffement.

5.5 *Determination of holding power of an electroheating installation*

The furnace, containing the rated charge, shall have been in normal operation for a sufficient time to ensure that it is in a hot state (Sub-clause 3.25). 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 with an electrical energy meter. The holding power is calculated by dividing the energy by the time.

The accuracy class of the measuring instruments shall be ≤ 1.5 .

5.6 *Determination of specific energy consumption and melting rate of the electroheating installation*

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

The test starts immediately after a charge of the size of the test charge has been tapped from the furnace containing its rated charge. If the test charge is less than rated charge, the remaining charge shall be at the final temperature (Sub-clause 3.20). In any case charging should be started immediately after tapping or after the remaining charge is heated up to its final temperature.

During the operation of the furnace, the electrical energy consumed shall be measured by means of an electrical energy meter, connected at the input of the installation. Also, the time during which the furnace is switched on (i.e. the time of heating of the charge), as well as the charge temperature, shall be measured at the beginning of the charge and before tapping, in order to prevent excessive overheating of the charge which should be tapped immediately after reaching its final temperature.

When the melting and eventual superheating are completed, the test charge shall be tapped, and, at least three more successive melts shall be carried out in the same manner.

The specific energy consumption is calculated by dividing the energy as measured in the third paragraph of this sub-clause (subtracting the time the furnace has been out of operation) by the weight of the charge furnished by the furnace during this time. The value to be adopted is the arithmetic mean of the specific energy consumption values from the tests.

The melting rate of the furnace is calculated by dividing the weight of the charge furnished by the furnace during the measuring cycle described above by the duration of this cycle. The value to be adopted is the arithmetic mean of melting rate values determined during tests.

Note. – Thermal losses due to opening of lids and power-off-times during the tests may strongly influence the results during the test. They should be kept at minimum and must be taken into consideration for evaluating the results.

5.7 *Measurement of temperature rise of the coolant*

This test shall be carried out in the hot state (Sub-clause 3.25) of the furnace operating under rated conditions (Sub-clause 3.24) at the end of the test (Sub-clause 5.6). The temperature shall be measured by thermometers or equivalent devices placed at the inlet and outlet of the circuit, readings being taken every 5 min over at least a 30 min period. The difference between the average temperature values read at the inlet and outlet will give the temperature-rise value.

5.8 *Mesurage de la température des parties constitutives du four*

Cet essai doit être effectué directement après la mesure définie au paragraphe 5.6. On doit mesurer au moyen d'un thermomètre à couple thermoélectrique de contact ou par des dispositifs équivalents les températures des différents points de la surface extérieure des parois de la carcasse du four.

5.9 *Mesurage de la température de la charge*

Cette mesure doit être effectuée au moyen d'un couple thermoélectrique.

L'appareil utilisé doit donner au moins une précision de mesure de $\pm 15^{\circ}\text{C}$ dans la plage de 300°C à $1\,000^{\circ}\text{C}$, et de $\pm 20^{\circ}\text{C}$ au-dessus de $1\,000^{\circ}\text{C}$.

On doit s'assurer que la sonde thermoélectrique est parfaitement introduite dans le métal liquide.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60646:1979