

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60779

Deuxième édition
Second edition
2005-08

**Equipements électrothermiques industriels –
Méthodes d'essai des fours de refusion
sous laitier électroconducteur**

**Industrial electroheat equipment –
Test methods for electroslag
remelting furnaces**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60779:2005

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions 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.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60779

Deuxième édition
Second edition
2005-08

**Equipements électrothermiques industriels –
Méthodes d'essai des fours de refusion
sous laitier électroconducteur**

**Industrial electroheat equipment –
Test methods for electroslag
remelting furnaces**

© IEC 2005 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, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	4
1 Domaine d'application et objet.....	8
2 Références normatives.....	8
3 Termes et définitions	8
4 Types et conditions générales de performances des essais.....	14
4.1 Types d'essais	14
4.2 Conditions générales des performances d'essai	16
5 Recommandations pour les essais techniques.....	16
5.1 Mesure de la course efficace du déplacement du vérin de l'électrode.....	16
5.2 Mesure de la vitesse du déplacement de l'électrode.....	16
5.3 Mesure du temps nécessaire pour l'échange d'électrodes	16
5.4 Mesure de la tension secondaire à vide de l'installation électrothermique.....	16
5.5 Mesure des paramètres électriques du circuit secondaire de l'installation électrothermique	16
5.6 Mesure de la puissance active, de la puissance réactive et du facteur de puissance de l'installation électrothermique.....	26
5.7 Mesure de la température des éléments constitutifs qui sont soumis à un champ magnétique de forte intensité et/ou chauffés par rayonnement ou par convection.....	28
5.8 Mesure de l'élévation de température de l'eau de refroidissement	30
5.9 Mesure du débit et des déperditions de chaleur de l'eau de refroidissement.....	30
5.10 Vacant.....	30
5.11 Mesure de la vitesse de fusion de la ou des électrodes consommables	30
5.12 Détermination de la consommation d'énergie massique.....	32
5.13 Mesure des paramètres de vide d'un four de refusion sous laitier électroconducteur sous vide	32
5.14 Mesure de la pression dans la chambre d'un four de refusion sous laitier électroconducteur sous pression	34
5.15 Mesure de la composition des gaz pour un four de refusion sous laitier électroconducteur fonctionnant dans une atmosphère de gaz inertes	34
Figure 1 – Exemple d'un circuit monophasé pour un four de refusion sous laitier électroconducteur	18
Figure 2 – Exemple d'un circuit triphasé pour un four de refusion sous laitier électroconducteur	24
Figure 3 – Exemple d'un circuit pour un four coaxial de refusion sous laitier électroconducteur	28

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope and object.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	9
4 Type of tests and general conditions of their performance	15
4.1 Type of tests	15
4.2 General conditions of test performance	17
5 Recommendations for technical tests	17
5.1 Measurement of the effective stroke of the electrode ram motion	17
5.2 Measurement of the speed of the electrode motion.....	17
5.3 Measurement of the time interval for exchanging electrodes.....	17
5.4 Measurement of the open-circuit secondary voltage of the electroheat installation.....	17
5.5 Measurement of the electrical parameters of the secondary circuit of the electroheat installation	17
5.6 Measurement of the active power, reactive power and power factor of the electroheat installation	27
5.7 Measurement of the temperature of components which are subjected to strong magnetic field and/or radiated or converted heat	29
5.8 Measurement of the temperature rise of the cooling-water.....	31
5.9 Measurement of the cooling-water flow rate and heat losses	31
5.10 Measurement of the intensity of the magnetic field at or near an electroslag remelting furnace	31
5.11 Measurement of the melting rate of consumable electrode(s)	31
5.12 Determination of the specific energy consumption	33
5.13 Measurement of vacuum parameters for a vacuum electroslag remelting furnace.....	33
5.14 Measurement of the pressure in the chamber of a pressurized electroslag remelting furnace	35
5.15 Measurement of the gas composition of an electroslag remelting furnace working under an inert gas atmosphere	35
Figure 1 – Example of a single-phase electroslag remelting furnace circuit	19
Figure 2 – Example of a three-phase electroslag remelting furnace circuit	25
Figure 3 – Example of a coaxial electroslag remelting furnace circuit.....	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉQUIPEMENTS ÉLECTROTHERMIQUES INDUSTRIELS – MÉTHODES D'ESSAI DES FOURS DE REFUSION SOUS LAITIER ÉLECTROCONDUCTEUR

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60779 a été établie par le comité d'études 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1983 et constitue une révision technique.

Les modifications techniques importantes qui ont été apportées à l'édition antérieure correspondent aux essais techniques complémentaires décrits en 5.1, 5.2, 5.3, 5.9, 5.10, 5.11, 5.13, 5.14 et 5.15.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL ELECTROHEAT EQUIPMENT –
TEST METHODS FOR ELECTROSLAG
REMELTING FURNACES**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60779 has been prepared by IEC technical committee 27: Industrial electroheating equipment.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1983 and constitutes a technical revision.

The significant technical changes with respect to the previous edition are the additional technical tests described in 5.1, 5.2, 5.3, 5.9, 5.10, 5.11, 5.13, 5.14 and 5.15.

Le texte de la présente norme est basé sur les documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
27/474/FDIS	27/494/FDIS

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Le contenu du corrigendum de décembre 2008 a été pris en considération dans cet exemplaire.

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

FDIS	Report on voting
27/474/FDIS	27/494/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under <http://webstore.iec.ch> in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

The contents of the corrigendum of December 2008 have been included in this copy.

ÉQUIPEMENTS ÉLECTROTHERMIQUES INDUSTRIELS – MÉTHODES D'ESSAI DES FOURS DE REFUSION SOUS LAITIER ÉLECTROCONDUCTEUR

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux fours industriels de refusion sous laitier électroconducteur dont la capacité assignée est supérieure ou égale à 50 kg.

La présente norme est applicable aux fours industriels de refusion sous laitier électroconducteur qui possèdent une ou plusieurs électrodes et qui sont alimentés par différentes sources d'énergie de fusion, courant alternatif, courant continu ou courant à basse fréquence.

La présente norme a pour objet de normaliser les conditions et les méthodes d'essai des fours de refusion sous laitier électroconducteur afin d'en déterminer les principaux paramètres et les caractéristiques techniques.

La présente norme ne couvre pas l'ensemble des méthodes d'essai qu'il est possible de mettre en œuvre pour l'évaluation technique et économique de ces fours.

2 Références normatives

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

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

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

CEI 60676:2002, *Chauffage électrique industriel – Méthodes d'essai des fours à arc direct*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants ainsi que ceux de la CEI 60050-841 et de la CEI 60676 s'appliquent.

3.1

four de refusion sous laitier électroconducteur

four de refusion dans lequel la charge, normalement constituée d'une électrode consommable, est refondue au moyen d'un chauffage par résistance directe d'un laitier liquide électroconducteur

NOTE Ce laitier est contenu dans une lingotière (creuset).

3.2

installation électrothermique comportant un four de refusion sous laitier électroconducteur

ensemble complet constitué par l'équipement électrothermique et les accessoires électriques et mécaniques nécessaires pour le fonctionnement et l'utilisation d'un four de refusion sous laitier électroconducteur

INDUSTRIAL ELECTROHEAT EQUIPMENT – TEST METHODS FOR ELECTROSLAG REMELTING FURNACES

1 Scope and object

This International Standard applies to industrial electroslag remelting furnaces, the rated capacity of which is equal to, or greater than, 50 kg.

This standard is applicable to industrial electroslag remelting furnaces having one or more electrodes and having different melting power supplies, such as alternating current, direct current, or low-frequency current.

The object of this standard is the standardization of electroslag remelting furnace test conditions and methods to determine the main parameters and technical characteristics.

This standard does not cover all possible test methods which may be carried out for the technical and economic assessment of furnaces.

2 Normative references

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

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

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

IEC 60676:2002, *Industrial electroheating equipment – Test methods for direct arc furnaces*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions, as well as those given in IEC 60050-841 and IEC 60676, apply.

3.1

electroslag remelting furnace

remelting furnace in which the charge, usually a consumable electrode, is remelted by direct resistance heating of an electrical conductive molten slag

NOTE The slag is contained in a mould (crucible).

3.2

electroheat installation with an electroslag remelting furnace

complete assembly of electroheat equipment and electrical and mechanical accessories necessary for operation and utilization of an electroslag remelting furnace

NOTE L'équipement électrique comprend notamment les conducteurs et l'appareillage de raccordement des circuits de puissance, de contrôle et de réglage ainsi que la ou les sources d'énergie de fusion lorsque le dispositif possède sa ou ses propres sources.

3.3

puissance d'une installation électrothermique

puissance apparente S (en kVA) ou puissance active P (en kW) mesurée à l'entrée de la ligne d'alimentation

3.4

facteur de puissance d'une installation électrothermique ($\cos \varphi$)

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

3.5

lingotière (creuset) d'un four de refusion sous laitier électroconducteur

conteneur en matériau non consommable et refroidie par eau qui donne sa forme au lingot fabriqué par le procédé de refusion sous laitier électroconducteur et qui contient le laitier fondu

3.6

circuit électrique secondaire d'un four de refusion sous laitier électroconducteur

circuit électrique se refermant sur la source d'énergie de fusion et qui peut comprendre

- a) les bornes de sortie de la source d'énergie de fusion;
- b) le dispositif d'alimentation en courant à haute intensité (jeux de barres et/ou câbles);
- c) les commutateurs de barres, s'ils sont nécessaires;
- d) la pince d'électrode;
- e) le prolongateur d'électrode;
- f) l'électrode ou les électrodes consommables (suivant le mode de connexion);
- g) le laitier fondu conducteur (sauf dans le cas d'essais en court-circuit);
- h) le lingot refondu (sauf dans le cas d'un four possédant plus de deux électrodes);
- i) la plaque de base (suivant le mode de connexion)

3.7

électrode consommable

pièce(s) solide(s) en contact avec le laitier fondu qui conduit(sent) le courant électrique nécessaire au processus de fusion et constituée(s) par le matériau nécessaire à la formation du lingot

3.8

tension en charge d'un four de refusion sous laitier électroconducteur

- a) tension qui peut être mesurée entre les deux points suivants (non applicable aux fours possédant deux électrodes qui correspondent à l'alimentation en courant alternatif monophasé):
 - la plaque de base;
 - la ou les pinces d'électrode amenant le courant électrique de fusion à l'électrode ou aux électrodes consommable(s) ou au(x) prolongateur(s)

NOTE Voir U_F dans les Figures 1 et 2.

- b) dans le cas des fours qui possèdent deux électrodes correspondant à l'alimentation en courant alternatif monophasé, la tension mesurée entre les deux pinces d'électrode
- c) dans le cas d'un four de refusion sous laitier électroconducteur de conception coaxiale et pour une alimentation monophasée alternative, la tension mesurée entre la pince d'électrode et le point de raccordement commun des conducteurs de retour multiples

NOTE Voir U_F dans la Figure 3.

NOTE The electrical equipment comprises, in particular, the conductors and switchgear in the power, control and regulating circuits, and the melting power supply(ies), when the device has its own melting power supply(ies).

3.3

power of an electroheat installation

apparent power S (in kVA) or active power P (in kW) measured at the input of the supply line

3.4

power factor of an electroheat installation ($\cos \varphi$)

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

3.5

mould (crucible) of an electroslag remelting furnace

water-cooled non-consumable container which shapes the ingot to be produced by the electroslag remelting process and which contains the molten slag

3.6

secondary electrical circuit of an electroslag remelting furnace

electrical circuit which is closed by the melting power supply and may include

- a) output terminals of melting power supply;
- b) high-current feeder (busbars and/or cables);
- c) bus switches, if required;
- d) electrode clamp;
- e) electrode stub;
- f) consumable electrode or electrodes (depending on the connection system);
- g) conductive molten slag (not included in the short-circuit test);
- h) remelted ingot (not included in the case of the furnace with more than two electrodes);
- i) base plate (depending on the connection system)

3.7

consumable electrode

solid part(s) in contact with the molten slag which carries the electrical current necessary for the melting operation and is constituted of the material necessary for the formation of the ingot

3.8

on-load voltage of an electroslag remelting furnace

- a) voltage which can be measured between the following two points (not applicable for a furnace with two electrodes corresponding to single-phase a.c. power supply):
 - the base plate;
 - the electrode clamping device(s) bringing the melting electrical current to the consumable electrode(s) or stub(s)

NOTE See U_F in Figures 1 and 2.

- b) for a furnace with two electrodes corresponding to single-phase a.c. power supply, voltage measured between the two electrode clamping devices
- c) in the case of an electroslag remelting furnace of a coaxial design for a single-phase a.c. power supply, the voltage measured between the electrode clamping device and the point of common connection of the multiple return conductors

NOTE See U_F in Figure 3.

3.9

fréquence assignée du four f_n (Hz)

valeur qui correspond à l'intensité assignée du four, si le four est construit pour une gamme de fréquences

3.10

intensité assignée du four I_n à la fréquence assignée f_n

courant maximal pour le fonctionnement continu pour lequel le four est conçu

3.11

valeurs assignées d'un four de refusion sous laitier électroconducteur

valeurs assignées, incluant l'intensité assignée du four I_n , la puissance assignée du four P_n et la fréquence assignée du four f_n , pour lesquelles le four est conçu

3.12

fonctionnement continu d'un four

fonctionnement pendant lequel le lingot solide est produit et solidifié et l'électrode consommable est progressivement refondue en continu

3.13

régime permanent d'un four de refusion sous laitier électroconducteur

état d'un four tel qu'en fonctionnement continu les paramètres électriques et thermiques ont atteint des valeurs relativement constantes

3.14

vitesse de fusion de l'électrode consommable V_m (kg/min)

quantité d'électrode(s) consommable(s) refondue(s) mesurée en kilogrammes par unité de temps (min)

3.15

consommation d'énergie massique e (kWh/kg)

rapport de la quantité totale d'énergie électrique (kWh) mesurée à l'entrée de ligne d'alimentation qui est consommée par une installation électrothermique pour la fusion de la charge dans les conditions de fonctionnement normal définies d'un commun accord par le fabricant et l'utilisateur au poids du lingot produit (kg)

3.16

plaque de base refroidie par eau d'un four de refusion sous laitier électroconducteur

plaque refroidie par eau installée au fond de la lingotière pour contenir le métal liquide et le laitier au début de la fusion dans tous les cas et qui est connectée au(x) câble(s) ou au(x) jeu(x) de barres pour garantir que le courant traverse le circuit électrique secondaire dans le cas où le four fonctionne avec une seule électrode consommable

3.17

commutateur haute tension du four

commutateur haute tension destiné à mettre sous et hors tension, sous charge, le transformateur du four conformément aux exigences de fonctionnement

[CEI 60676, 3.8, modifié]

3.18

transformateur de four de refusion sous laitier électroconducteur

transformateur alimentant un four de refusion sous laitier électroconducteur

3.9**rated furnace frequency f_n (Hz)**

value corresponding to the rated furnace current, if the furnace is built for a frequency range

3.10**rated furnace current I_n at rated frequency f_n**

maximum current for continuous operation for which the furnace is designed

3.11**rated values of an electroslag remelting furnace**

rated values, including rated furnace current I_n , rated furnace power P_n , and rated furnace frequency f_n , for which the furnace is designed

3.12**continuous operation of a furnace**

operation during which the solid ingot is produced and solidified and the consumable electrode is progressively added during the whole process

3.13**steady state of an electroslag remelting furnace**

state of a furnace in which, in continuous operation, electrical and thermal parameters have reached relatively constant values

3.14**melting rate of consumable electrode V_m (kg/min)**

quantity of remelted consumable electrode(s) measured in kilograms within a unit time (min)

3.15**specific energy consumption e (kWh/kg)**

ratio of the total amount of electric energy (kWh) measured at the input of the supply line, which is consumed by an electroheat installation for melting the charge in normal operating conditions agreed upon between the manufacturer and the user, to the weight of the ingot produced (kg)

3.16**water-cooled base plate of an electroslag remelting furnace**

water-cooled plate installed at the bottom of the mould to contain liquid metal and slag at the beginning of melting in any case, and connected to the cable(s) or busbar(s) to make sure that the current flows through the secondary electrical circuit in the case of furnace operation with one consumable electrode

3.17**furnace high-voltage switch**

high-voltage switch for switching on and off, under load, the furnace transformer, in accordance with operating requirements

[IEC 60676, 3.8]

3.18**electroslag remelting furnace transformer**

transformer supplying an electroslag remelting furnace

3.19

pince d'électrode

équipement métallique et refroidi par eau destiné à maintenir une électrode et à l'alimenter en courant

[VEI 841-26-39, modifié]

3.20

débit de l'eau de refroidissement (m^3/h)

somme des débits suivants:

- a) débit de l'eau utilisée pour refroidir la lingotière et la plaque de base;
- b) débit de l'eau utilisée pour refroidir la ligne à courant élevé;
- c) débit de l'eau utilisée pour refroidir le transformateur du four;
- d) débit de l'eau utilisée pour refroidir les autres éléments du four

[CEI 60676, 3.25, modifié]

3.21

configuration coaxiale du four de refusion sous laitier électroconducteur

configuration telle que plus de deux conducteurs de retour sont régulièrement répartis autour du creuset du four de refusion sous laitier électroconducteur

4 Types et conditions générales de performances des essais

4.1 Types d'essais

Les essais doivent être effectués dans les conditions de fonctionnement avec un laitier de composition fixée d'un commun accord entre le fabricant et l'utilisateur.

Pour évaluer une installation électrothermique comprenant un four de refusion sous laitier électroconducteur, il est recommandé de réaliser les essais suivants dans l'ordre indiqué:

- 1) mesure de la course efficace du déplacement du vérin de l'électrode (voir 5.1);
- 2) mesure de la vitesse du déplacement de l'électrode (voir 5.2);
- 3) mesure de l'intervalle de temps pour l'échange de deux électrodes (voir 5.3);
- 4) mesure de la tension secondaire à vide de l'installation électrothermique (voir 5.4);
- 5) mesure des paramètres électriques du circuit secondaire de l'installation électrothermique (voir 5.5);
- 6) mesure de la puissance active, de la puissance réactive et du facteur de puissance de l'installation électrothermique (voir 5.6);
- 7) mesure de la température des éléments constitutifs qui sont soumis à un champ magnétique de forte intensité et/ou chauffés par rayonnement ou par convection (voir 5.7);
- 8) mesure de l'élévation de température de l'eau de refroidissement (voir 5.8);
- 9) mesure du débit et des déperditions de chaleur de l'eau de refroidissement (voir 5.9);
- 10) mesure de l'intensité du champ magnétique au niveau ou à proximité du four de refusion sous laitier électroconducteur (voir 5.10);
- 11) mesure de la vitesse de fusion de la ou des électrodes consommables (voir 5.11);
- 12) mesure de la consommation d'énergie massique (voir 5.12);
- 13) mesure des paramètres de vide d'un four de refusion sous laitier électroconducteur sous vide (voir 5.13);
- 14) mesure de la pression dans l'enceinte d'un four de refusion sous laitier électroconducteur sous pression (voir 5.14);
- 15) mesure de la composition des gaz pour un four de refusion sous laitier électroconducteur fonctionnant dans une atmosphère de gaz inerte (voir 5.15).

3.19**electrode clamp**

metallic, water-cooled equipment for holding an electrode and supplying the current to the electrode

[IEV 841-26-39, modified]

3.20**cooling-water flow rate** (m^3/h)

addition of the following flow rates:

- a) flow rate of water to cool mould and base plate;
- b) flow rate of water to cool high-current line;
- c) flow rate of water to cool the furnace transformer;
- d) flow rate of water to cool the other elements of the furnace

[IEC 60676, 3.25, modified]

3.21**coaxial arrangement of the electroslag remelting furnace**

arrangement of more than two return conductors symmetrically positioned around the crucible for the electroslag remelting furnace

4 Type of tests and general conditions of their performance**4.1 Type of tests**

The tests shall be carried out under operating conditions including the composition of electroslag agreed upon between the manufacturer and the user.

For the assessment of an electroheat installation containing an electroslag remelting furnace, the following tests are recommended to be performed in the following order:

- 1) measurement of the effective stroke of the electrode ram motion (see 5.1);
- 2) measurement of the speed of the electrode motion (see 5.2);
- 3) measurement of the time interval for the exchange of two electrodes (see 5.3);
- 4) measurement of the open-circuit secondary voltage of the electroheat installation (see 5.4);
- 5) measurement of the electrical parameters of the secondary circuit of the electroheat installation (see 5.5);
- 6) measurement of the active power, reactive power and power factor of the electroheat installation (see 5.6);
- 7) measurement of the temperature of components which are subjected to strong magnetic field and/or radiated or converted heat (see 5.7);
- 8) measurement of the temperature rise of the cooling water (see 5.8);
- 9) measurement of the cooling-water flow rate and heat losses (see 5.9);
- 10) measurement of the intensity of the magnetic field at or near an electroslag remelting furnace (see 5.10);
- 11) measurement of the melting rate of consumable electrode(s) (see 5.11);
- 12) measurement of the specific energy consumption (see 5.12);
- 13) measurement of the vacuum parameters for a vacuum electroslag remelting furnace (see 5.13);
- 14) measurement of the pressure in the chamber of a pressurized electroslag remelting furnace (see 5.14);
- 15) measurement of the gas composition for an electroslag remelting furnace working under inert gas atmosphere (see 5.15).

4.2 Conditions générales des performances d'essai

Les performances des essais doivent être conformes aux spécifications de la CEI 60398.

Le four doit être préparé pour les essais et mis en fonctionnement sur le site de l'utilisateur conformément aux instructions de service et aux exigences de travail en sécurité.

5 Recommandations pour les essais techniques

5.1 Mesure de la course efficace du déplacement du vérin de l'électrode

La course efficace du déplacement du vérin de l'électrode est la distance qui sépare la position supérieure limitée de la position inférieure limitée du vérin de l'électrode là où le déplacement s'arrête.

Cette mesure doit être effectuée avec une règle, le four étant alors hors tension.

5.2 Mesure de la vitesse du déplacement de l'électrode

Cette mesure doit être effectuée avec une commande manuelle du système de déplacement de l'électrode dans deux directions sous réserve que le four soit équipé de l'électrode ou des électrodes d'un poids et d'une longueur correspondant aux valeurs les plus élevées admises par le concepteur.

NOTE La mesure peut être réalisée par une autre méthode, par exemple en utilisant une commande par signal électrique.

La mesure de la vitesse du déplacement doit être réalisée avec un chronomètre (ou un dispositif de commande électronique avec décompte du temps) en notant la distance couverte par le bras de l'électrode par rapport à son support fixe.

5.3 Mesure du temps nécessaire pour l'échange d'électrodes

Cet essai est destiné à vérifier que le temps nécessaire pour l'échange d'électrodes satisfait aux exigences ayant fait l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur lorsque le four est équipé de deux jeux de systèmes d'entraînement de l'alimentation de l'électrode.

Le temps qui doit être mesuré avec un chronomètre est le temps écoulé entre le moment où le courant secondaire devient nul après la fusion de la première électrode et son retrait du laitier fondu et le moment où l'électrode suivante est plongée dans le laitier et où le courant secondaire s'écoule dans le circuit.

5.4 Mesure de la tension secondaire à vide de l'installation électrothermique

Cet essai doit être réalisé aux bornes de sortie de la source d'énergie de fusion (voir point 6 dans la Figure 1).

Si l'installation comporte un système de réglage, on doit mesurer les tensions secondaires maximales et minimales à vide.

5.5 Mesure des paramètres électriques du circuit secondaire de l'installation électrothermique

5.5.1 Généralités

Cet essai est destiné à vérifier si les caractéristiques du circuit secondaire du four satisfont aux exigences sur lesquelles se sont accordés le fabricant et l'utilisateur.

4.2 General conditions of test performance

Performance of the tests shall be in accordance with the specification of IEC 60398.

The furnace shall be prepared for tests and put into operation at the user's site, in accordance with the service instructions and requirements for safe working.

5 Recommendations for technical tests

5.1 Measurement of the effective stroke of the electrode ram motion

The effective stroke of the electrode ram motion is the distance between the upper limited position and the lower limited position of the electrode ram where the motion stops.

The measurement shall be made with a meter ruler when the main power of the furnace is off.

5.2 Measurement of the speed of the electrode motion

The measurement shall be made with manual control of the moving system of the electrode in two directions under the condition that the furnace is equipped with the electrode(s) of the largest weight and length allowed by the designer.

NOTE The measurement may be made by another method, for example, using electric signal control.

The measurement of the speed of motion shall be carried out by means of a stop-watch (or electronic time-base control), noting the distance covered by the electrode arm relative to its fixed support.

5.3 Measurement of the time interval for exchanging electrodes

The purpose of this test is to check if the time interval for exchanging electrodes meets the requirements agreed between the manufacturer and the user when the furnace is equipped with two sets of electrode feed drive systems.

The time to be measured with a stop-watch is the time interval from the moment when the secondary current becomes zero after the first electrode has melted and pulled out of the molten slag to the moment when the next electrode is dipped into the slag pool and the secondary current flows in the circuit.

5.4 Measurement of the open-circuit secondary voltage of the electroheat installation

This test shall be carried out across the melting power supply terminals (see item 6 in Figure 1).

If the installation is provided with a regulation system, the minimum and the maximum open-circuit secondary voltages shall be measured.

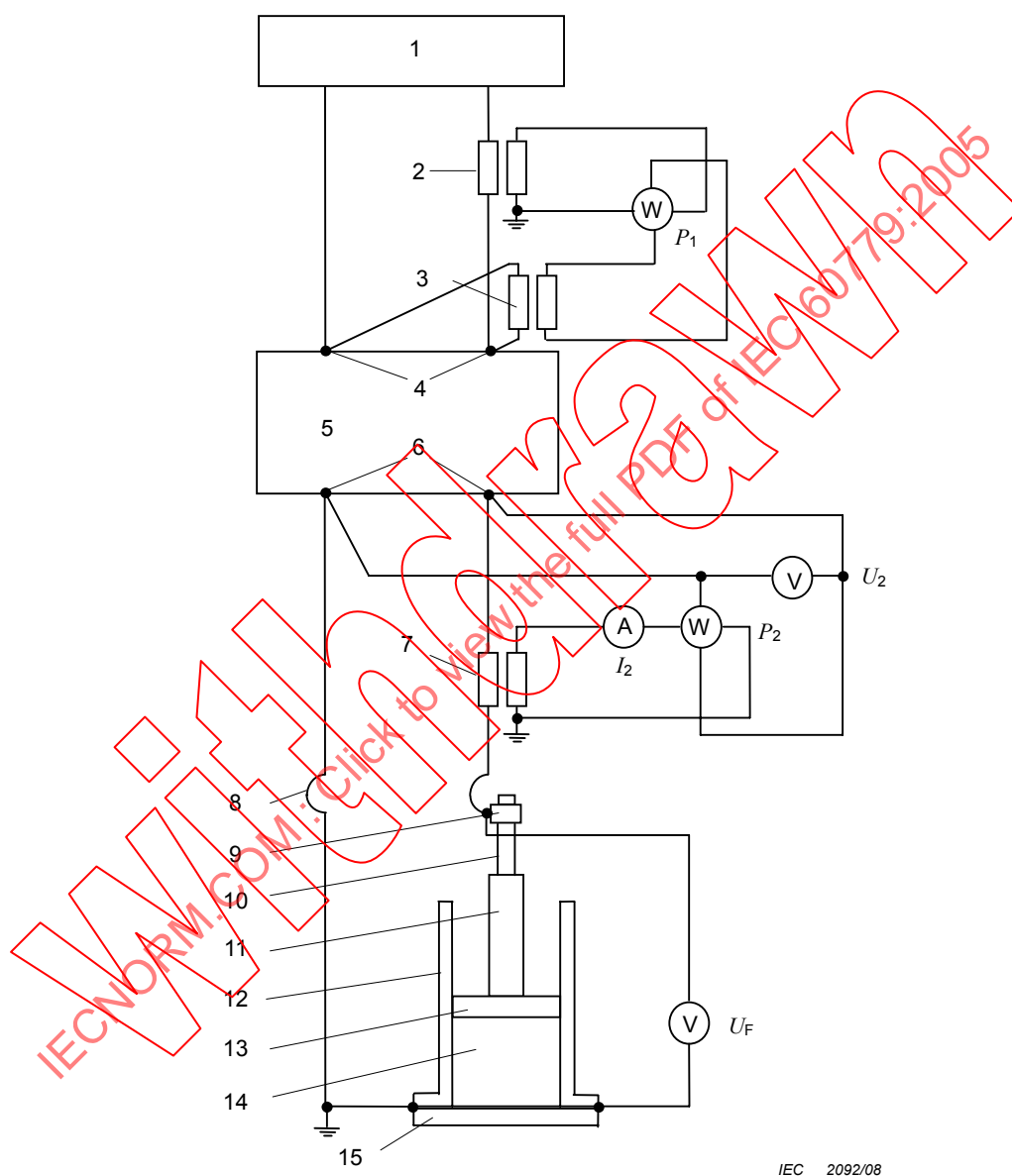
5.5 Measurement of the electrical parameters of the secondary circuit of the electroheat installation

5.5.1 General

The purpose of this test is to check if the characteristics of the secondary circuit of the furnace meet the requirements agreed between the manufacturer and the user.

5.5.2 Réalisation d'un essai de court-circuit (non applicable aux fours de refusion sous laitier électroconducteur à courant continu)

Cet essai doit être réalisé dans les conditions suivantes. Le four doit être équipé d'une ou de plusieurs électrodes ayant les valeurs de longueur et de poids maximales admises par le concepteur. Les propriétés électriques et magnétiques du matériau de l'électrode doivent être définies au préalable. L'électrode ou les électrodes doivent être mises en contact électrique avec la plaque de base. Un exemple de circuit d'essai est montré à la Figure 1. Une autre méthode alternative appropriée peut être utilisée après accord entre le fabricant et l'utilisateur.



Légende

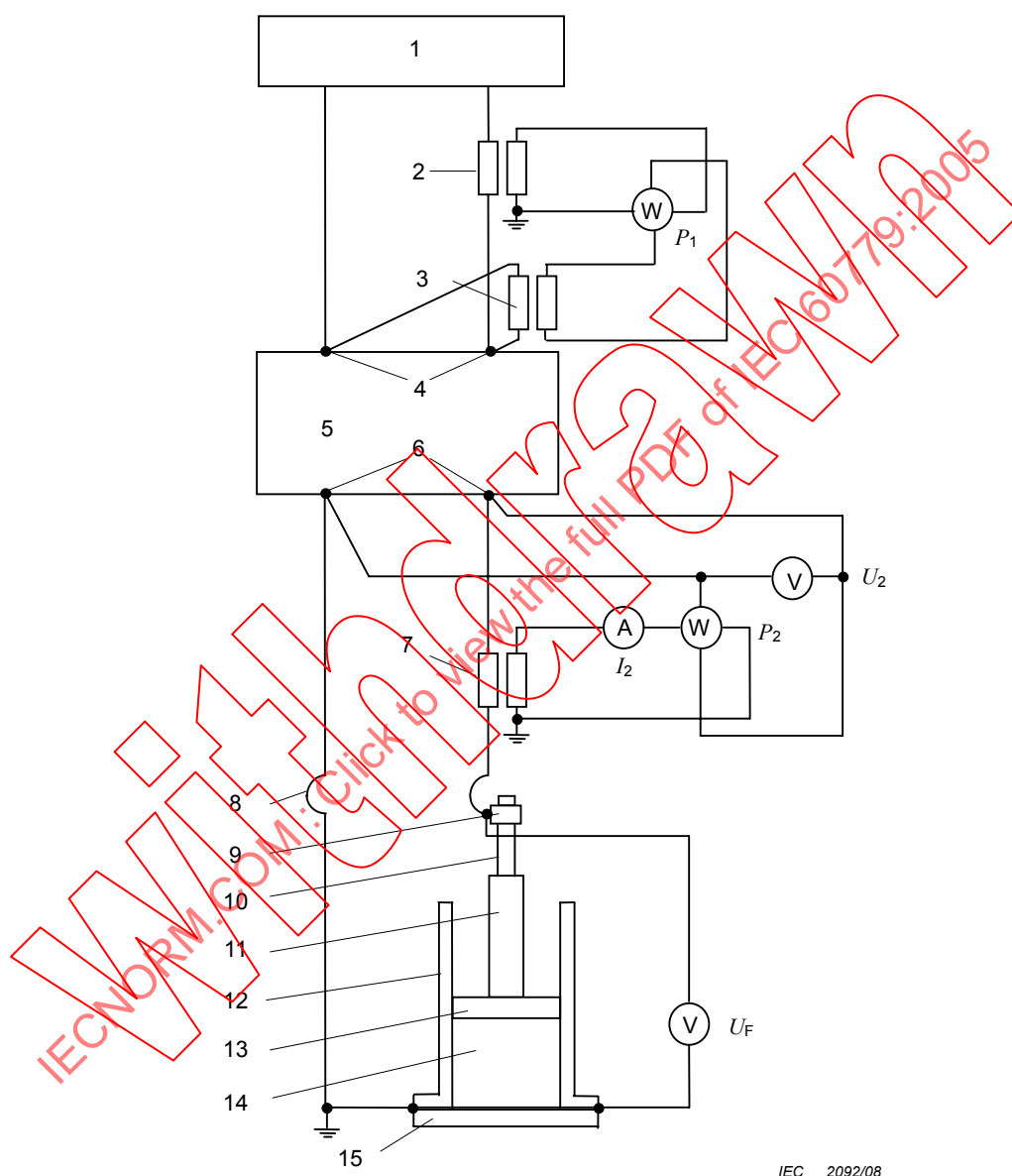
1	réseau haute-tension	9	pince d'électrode
2	transformateur de courant	10	prolongateur
3	transformateur de tension	11	électrode
4	bornes d'entrée en courant alternatif	12	creuset
5	source d'énergie de fusion	13	laitier fondu
6	bornes de sortie	14	lingot
7	transformateur de courant	15	plaque de base refroidie à l'eau
8	câbles		

NOTE D'autres symboles sont donnés en 5.5.2.

Figure 1 – Exemple d'un circuit monophasé pour un four de refusion sous laitier électroconducteur

5.5.2 Carrying out a short-circuit test (not applicable for d.c. electroslag remelting furnaces)

This test shall be carried out under the following conditions. The furnace shall be equipped with the electrode(s) of the largest weight and length allowed by the designer. The electrical and magnetic properties of the electrode material shall be defined beforehand. The electrode(s) shall be brought into electrical contact with the base plate. The possible test circuit is shown in Figure 1. A suitable alternative method may be used by mutual agreement between the manufacturer and the user.



IEC 2092/08

Key

1	high-voltage network	9	electrode clamp
2	current transformer	10	stub
3	potential transformer	11	electrode
4	a.c. input terminals	12	crucible
5	melting power supply	13	molten slag
6	output terminals	14	ingot
7	current transformer	15	water-cooled base plate
8	cables		

NOTE Other symbols are given in 5.5.2.

Figure 1 – Example of a single-phase electroslag remelting furnace circuit

La tension d'alimentation doit être réglée à sa valeur minimale.

La tension doit être progressivement augmentée jusqu'à ce que l'intensité assignée du four soit obtenue.

Ces essais sont réalisés au moins deux fois. Pour chaque essai, les paramètres électriques suivants doivent être mesurés ou calculés.

- a) Puissance active P_2 du côté secondaire du transformateur du four – mesurée avec des wattmètres.

Si, dans certains cas, il est difficile de mesurer P_2 , la puissance active P_1 doit être mesurée du côté primaire du transformateur de four avec des wattmètres, et ensuite P_2 doit être calculée comme suit:

$$P_2 = P_1 - P_{CuT} \quad (1)$$

- b) I_2 , U_2 du côté secondaire du transformateur du four – mesurées avec des ampèremètres et des voltmètres, respectivement.

- c) Calcul des valeurs secondaires suivantes:

$$S_2 = I_2 U_2 \quad (2)$$

$$R_2 = \frac{P_2}{I_2^2} \quad (3)$$

$$Z_2 = \frac{U_2}{I_2} \quad (4)$$

$$X_2 = \sqrt{Z_2^2 - R_2^2} \quad (5)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} \quad (6)$$

où

P_1 est la puissance active mesurée au cours de l'essai du côté primaire par un wattmètre;

P_2 est la puissance active mesurée au cours de l'essai du côté secondaire par un wattmètre ou calculée;

P_{CuT} est la perte de charge du transformateur pour la prise sur laquelle l'essai a été réalisé (la valeur est extraite de la spécification fabricant);

S_2 est la puissance apparente mesurée au cours de l'essai du côté secondaire du transformateur;

I_2 est le courant secondaire assigné du transformateur lorsque l'essai a été réalisé;

U_2 est la tension secondaire du transformateur lorsque le courant secondaire assigné du transformateur est obtenu;

R_2 est la résistance du circuit secondaire;

X_2 est la réactance du circuit secondaire;

Z_2 est l'impédance du circuit secondaire;

$\cos \varphi_2$ est le facteur de puissance du circuit secondaire.

The voltage supply shall be set at its minimum.

The voltage shall be increased progressively until the rated current of the furnace is achieved.

The tests are carried out at least twice. For every test, the following electrical parameters shall be measured or calculated.

- a) Active power P_2 on the secondary side of the furnace transformer – measured with wattmeters.

If, in some cases, it is difficult to measure P_2 , the active power P_1 shall be measured on the primary side of the furnace transformer with wattmeters, and then P_2 calculated as:

$$P_2 = P_1 - P_{CuT} \quad (1)$$

- b) I_2 , U_2 on the secondary side of the furnace transformer – measured with ammeters and voltmeters, respectively.

- c) Calculation of the following secondary values:

$$S_2 = I_2 U_2 \quad (2)$$

$$R_2 = \frac{P_2}{I_2^2} \quad (3)$$

$$Z_2 = \frac{U_2}{I_2} \quad (4)$$

$$X_2 = \sqrt{Z_2^2 - R_2^2} \quad (5)$$

$$\cos \phi_2 = \frac{P_2}{S_2} \quad (6)$$

where

- P_1 is the active power measured during the test on the primary side by a wattmeter;
- P_2 is the active power measured during the test on the secondary side by a wattmeter or calculated;
- P_{CuT} is the transformer load loss for the tap on which the test was performed (the value is taken from the manufacturer's specification);
- S_2 is the apparent power measured during the test on the secondary side of the transformer;
- I_2 is the rated secondary transformer current when the test was performed;
- U_2 is the secondary transformer voltage when the rated secondary transformer current is achieved;
- R_2 is the resistance of the secondary circuit;
- X_2 is the reactance of the secondary circuit;
- Z_2 is the impedance of the secondary circuit;
- $\cos \phi_2$ is the power factor of the secondary circuit.

Dans le cas d'un four alimenté en courant alternatif triphasé correspondant aux trois électrodes consommables, il convient que la méthode d'essai se réfère à 5.5 de la CEI 60676. Les conditions d'essai sont identiques à celles décrites en 5.5 de la CEI 60676.

5.5.3 Mesure des paramètres électriques du circuit secondaire dans les conditions normales de fonctionnement

Si l'essai de court-circuit présente quelques difficultés et provoque des dommages à la plaque de base, le fabricant et l'utilisateur peuvent décider d'un commun accord que cet essai doit être remplacé par des essais permettant de prouver que dans les conditions normales de fonctionnement du four, les paramètres électriques du circuit secondaire restent dans la plage indiquée par le fabricant.

La mesure doit être effectuée lorsque le four fonctionne en continu après qu'il a atteint son régime permanent en fonctionnant à son intensité assignée (I_n).

1) Dans le cas d'un four équipé d'une alimentation monophasée à courant alternatif

Ces essais sont réalisés au moins deux fois. Pour chaque essai, les paramètres électriques suivants doivent être mesurés ou calculés.

- Puissance active P_2 du côté secondaire du transformateur du four – mesurée avec des wattmètres.

Si, dans certains cas, il est difficile de mesurer P_2 , la puissance active P_1 doit être mesurée du côté primaire du transformateur de four avec des wattmètres, et ensuite calculée comme suit:

$$P_2 = P_1 - P_{CuT} \quad (7)$$

- Courant I_2 du côté secondaire du transformateur du four – mesuré avec des ampèremètres et tensions U_2 , U_F mesurées avec des voltmètres.

- Ensuite, on procède au calcul des valeurs secondaires suivantes:

$$S_2 = I_2 U_2 \quad (8)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} \quad (9)$$

où

U_F est la tension en charge d'un four de refusion sous laitier électroconducteur.

2) Dans le cas d'un four équipé d'une alimentation monophasée à courant alternatif

Un exemple de circuit d'essai est illustré à la Figure 2. Les essais sont réalisés au moins deux fois. Pour chaque essai, les paramètres électriques suivants doivent être mesurés ou calculés.

- Puissances actives P_{2A} , P_{2B} , P_{2C} du côté secondaire du transformateur du four mesurées avec des wattmètres.

Si, dans certains cas, il est difficile de mesurer P_{2A} , P_{2B} , P_{2C} , il convient que les puissances actives P_{1A} , P_{1B} , P_{1C} soient mesurées du côté primaire du transformateur de four avec des wattmètres et ensuite P_{2A} , P_{2B} , P_{2C} calculées comme suit:

$$P_{2A} = P_{1A} - 1/3 P_{CuT} \quad P_{2B} = P_{1B} - 1/3 P_{CuT} \quad P_{2C} = P_{1C} - 1/3 P_{CuT} \quad (10)$$

In the case of a furnace with a three-phase a.c. power supply corresponding to three consumable electrodes, the test method should refer to 5.5 of IEC 60676. The test conditions are the same as those described in 5.5 of IEC 60676.

5.5.3 Measurement of electrical parameters of the secondary circuit under normal operating conditions

If the short-circuit test gives rise to some difficulties and brings about damage of the base plate, it may be agreed between the manufacturer and the user that this test shall be replaced by tests which prove that, in the normal operating conditions of the furnace, the electrical parameters of the secondary circuit remain in the range stated by the manufacturer.

The measurement shall be carried out during continuous operation of the furnace after steady state has been achieved while the furnace is working at its rated current (I_n).

1) In the case of a furnace equipped with single-phase a.c. power supply

The tests are carried out at least twice. For every test, the following electrical parameters shall be measured or calculated.

- a) Active power P_2 on the secondary side of the furnace transformer – measured with wattmeters.

If, in some cases, it is difficult to measure P_2 , the active power P_1 shall be measured on the primary side of the furnace transformer with wattmeters, and then calculated as:

$$P_2 = P_1 - P_{CuT} \quad (7)$$

- b) Current I_2 on the secondary side of the furnace transformer – measured with ammeters, and voltages U_2 , U_F measured with voltmeters.
- c) Then the following secondary values are calculated:

$$S_2 = I_2 U_2 \quad (8)$$

$$\cos \phi_2 = \frac{P_2}{S_2} \quad (9)$$

where

U_F is the on-load voltage of an electroslag remelting furnace.

2) In the case of a furnace equipped with a three-phase a.c. power supply

The possible test circuit is shown in Figure 2. The tests are carried out at least twice. For every test, the following electrical parameters shall be measured or calculated.

- a) Active powers P_{2A} , P_{2B} , P_{2C} on the secondary side of the furnace transformer measured with wattmeters.

If, in some cases, it is difficult to measure P_{2A} , P_{2B} , P_{2C} , the active power P_{1A} , P_{1B} , P_{1C} shall be measured on the primary side of the furnace transformer with wattmeters, and then P_{2A} , P_{2B} , P_{2C} calculated:

$$P_{2A} = P_{1A} - 1/3 P_{CuT} \quad P_{2B} = P_{1B} - 1/3 P_{CuT} \quad P_{2C} = P_{1C} - 1/3 P_{CuT} \quad (10)$$

- b) Currents I_{2A} , I_{2B} , I_{2C} , on the secondary side of furnace transformer measured with ammeters, and voltages U_{2A} , U_{2B} , U_{2C} , U_{FA} , U_{FB} , U_{FC} measured with voltmeters.

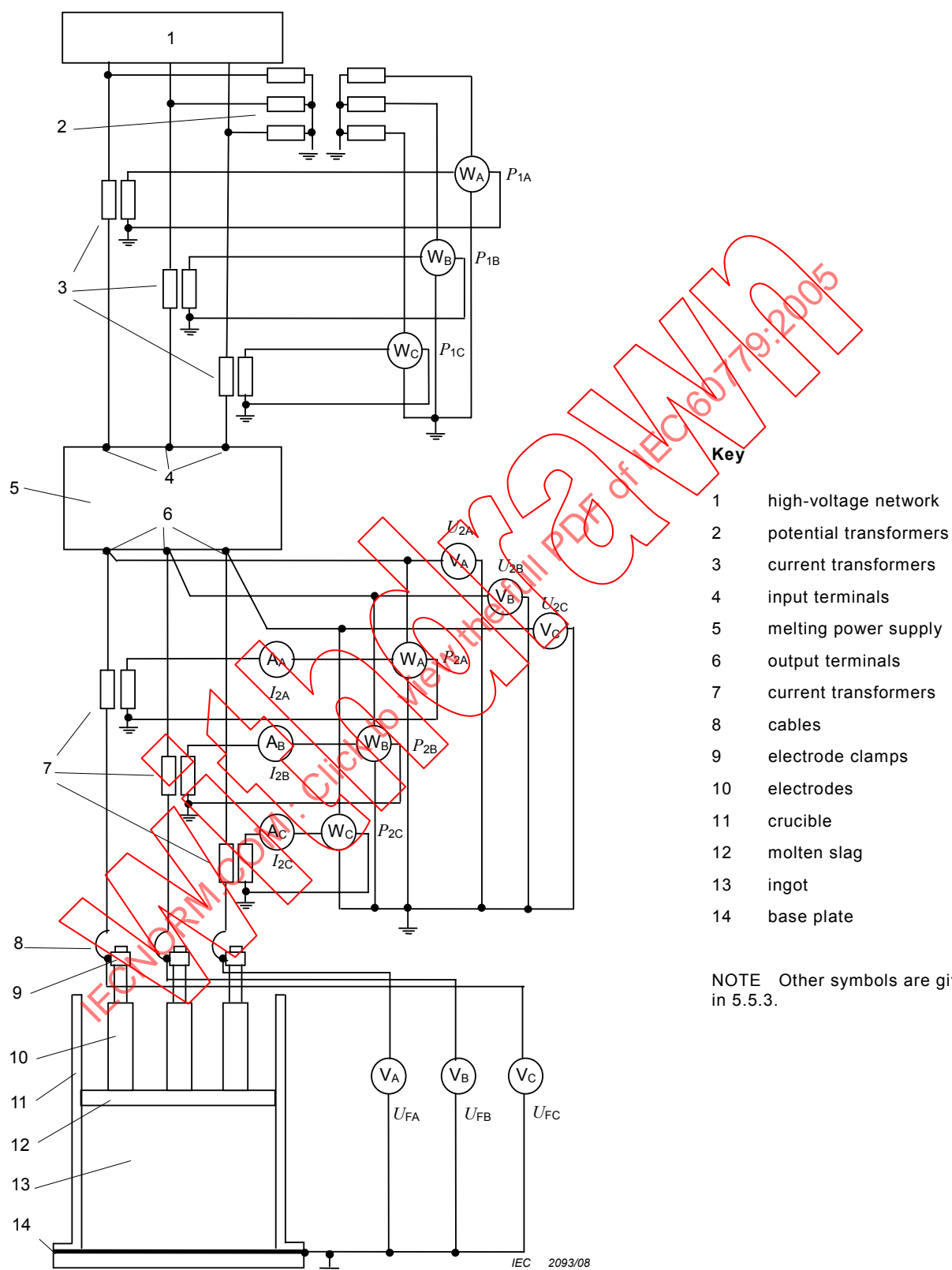


Figure 2 – Example of a three-phase electroslag remelting furnace circuit

c) Ensuite, on procède au calcul des valeurs secondaires suivantes:

$$S_2 = I_{2A}U_{2A} + I_{2B}U_{2B} + I_{2C}U_{2C} \quad (11)$$

$$P_2 = P_{2A} + P_{2B} + P_{2C} \quad (12)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} \quad (13)$$

où

P_{1A}, P_{1B}, P_{1C}	sont les puissances de phase mesurées du côté primaire par des wattmètres;
P_{2A}, P_{2B}, P_{2C}	sont les puissances de phase mesurées du côté secondaire par des wattmètres ou calculées;
P_{CuT}	est la perte de charge du transformateur pour la prise sur laquelle l'essai a été réalisé (la valeur est extraite de la spécification fabricant);
I_{2A}, I_{2B}, I_{2C}	sont les intensités assignées mesurées du côté secondaire par des ampèremètres;
U_{2A}, U_{2B}, U_{2C}	sont les tensions de phase mesurées du côté secondaire par des voltmètres;
U_{FA}, U_{FB}, U_{FC}	sont les tensions de phase en charge d'un four de refusion sous laitier électroconducteur.

5.5.4 Mesure des courants dans les conducteurs de retour coaxiaux

Dans le cas d'un four de refusion sous laitier électroconducteur de conception coaxiale et pour une alimentation monophasée alternative, le courant secondaire doit être mesuré en mesurant séparément le courant dans chaque conducteur de retour, respectivement et en additionnant les courants mesurés pour en déduire le courant total tandis que la coaxialité est déterminée par déduction de la différence de courant, comme montré à la Figure 3.

5.6 Mesure de la puissance active, de la puissance réactive et du facteur de puissance de l'installation électrothermique

Cet essai comprend la mesure, aux bornes d'entrée de l'alimentation (voir point 4 dans la Figure 1), de la puissance d'une installation sous laitier électroconducteur (définie en 3.3) et du facteur de puissance d'une installation électrothermique (définie en 3.4).

La mesure de la puissance active est réalisée au moyen d'un wattmètre (au moins de classe 1.5). La mesure de la puissance réactive est réalisée au moyen d'un varmètre (au moins de classe 1.5).

NOTE 1 Si un varmètre adapté n'est pas disponible, la puissance réactive peut être calculée à partir des valeurs mesurées de courant et de tension.

La mesure doit être réalisée lorsque le four fonctionne en continu après qu'il a atteint son régime permanent.

Le facteur de puissance est calculé à partir des puissances active et réactive mesurées comme indiqué ci-dessus ou lorsque la mesure de la puissance réactive n'a pas été réalisée à partir de la valeur de la puissance active et la valeur de la puissance apparente calculée à partir de la tension mesurée et des valeurs de courant.

NOTE 2 Il convient de faire attention au fait que la présence d'harmoniques peut affecter les résultats des mesures.

c) Then the following secondary values are calculated:

$$S_2 = I_{2A}U_{2A} + I_{2B}U_{2B} + I_{2C}U_{2C} \quad (11)$$

$$P_2 = P_{2A} + P_{2B} + P_{2C} \quad (12)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} \quad (13)$$

where

P_{1A}, P_{1B}, P_{1C}	are the phase powers measured on the primary side by wattmeters;
P_{2A}, P_{2B}, P_{2C}	are the phase powers measured on the secondary side by wattmeters or calculated;
P_{CuT}	is the three-phase transformer load loss for the tap on which the test was performed (the value is taken from the manufacturer's specification);
I_{2A}, I_{2B}, I_{2C}	are the rated currents measured on the secondary side by ammeters;
U_{2A}, U_{2B}, U_{2C}	are the phase voltages measured on the secondary side by voltmeters;
U_{FA}, U_{FB}, U_{FC}	are the phase on-load voltages of an electroslag remelting furnace.

5.5.4 Measurement of currents of the coaxial return conductors

In the case of an electroslag remelting furnace of a coaxial design for a single phase a.c. supply, the secondary current shall be measured by separately measuring the current in each of the return conductors, respectively, and then summing the currents to derive the total current and deriving the current difference to determine coaxiality, as shown in Figure 3.

5.6 Measurement of the active power, reactive power and power factor of the electroheat installation

The test comprises measurement, at the input terminals of the power supply (see item 4 in Figure 1), of the power of an electroslag installation (defined in 3.3) and the power factor of an electroheat installation (defined in 3.4).

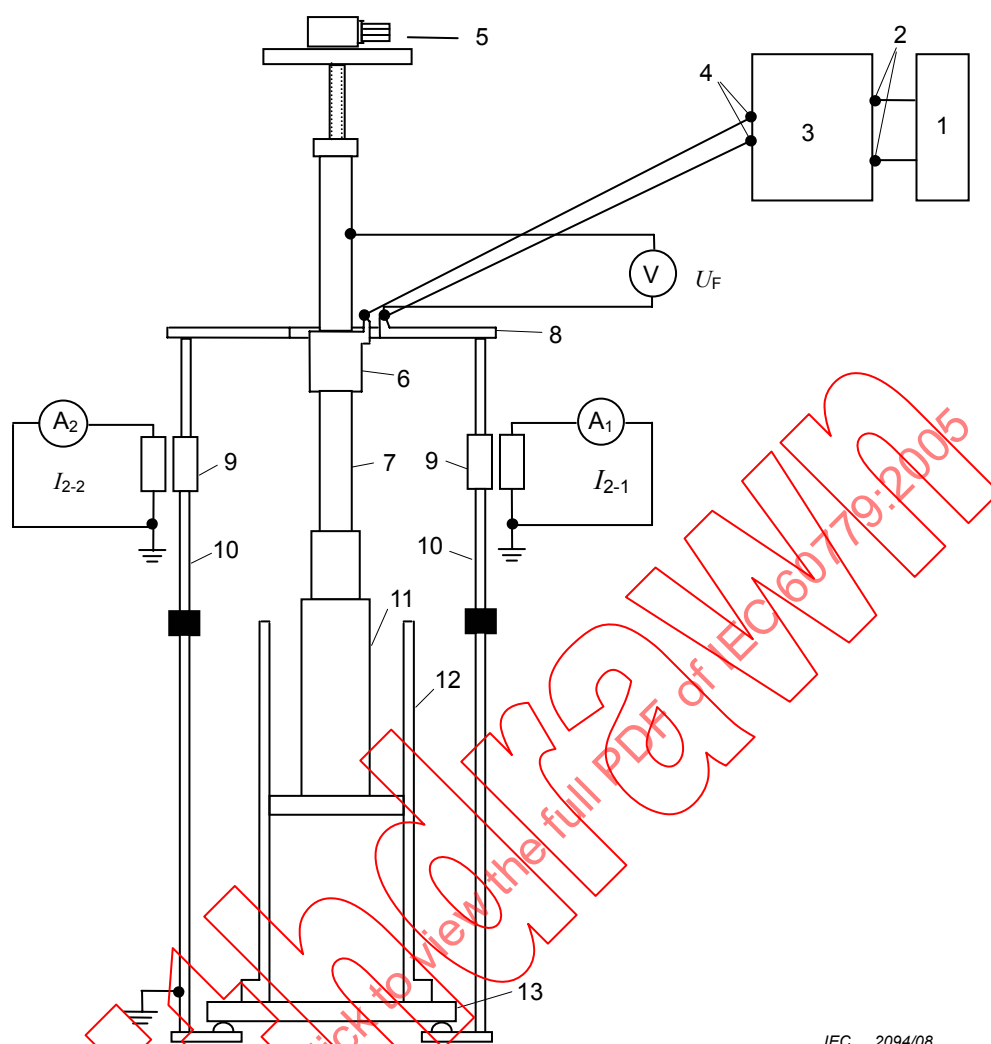
The measurement of the active power is made by means of a wattmeter (at least of class 1.5). The measurement of the reactive power is made by a varmeter (at least of class 1.5).

NOTE 1 If a suitable varmeter is not available, the reactive power may be calculated from the measured values of current and voltage.

The measurement shall be carried out during continuous operation of the furnace after steady state has been achieved.

The power factor is calculated from the active and reactive powers measured as mentioned above or, when the measurement of the reactive power has not been made, from the active power value and the value of the apparent power calculated from the measured voltage and current values.

NOTE 2 Attention should be paid to the fact that harmonics might affect the results of measurements.



IEC 2094/08

Légende

- | | | | |
|---|---|-----------|---|
| 1 | réseau haute-tension | 9 | transformateur de courant (2 sur 4 sont visibles) |
| 2 | bornes d'entrée en courant alternatif | 10 | conducteur de retour (2 sur 4 sont visibles) |
| 3 | source d'énergie de fusion monophasée | 11 | électrode |
| 4 | bornes de sortie | 12 | creuset |
| 5 | entraînement du vérin | 13 | plaque de base refroidie à l'eau |
| 6 | contact glissant | I_{2-1} | courant dans le n° 1 du conducteur de retour |
| 7 | vérin | I_{2-2} | courant dans le n° 2 du conducteur de retour |
| 8 | plaque collectrice de courant de retour | | |

NOTE Le système de support d'entraînement du vérin et de pesée de la cellule de charge n'est pas illustré dans cette figure.

Figure 3 – Exemple d'un circuit pour un four coaxial de refusion sous laitier électroconducteur

5.7 Mesure de la température des éléments constitutifs qui sont soumis à un champ magnétique de forte intensité et/ou chauffés par rayonnement ou par convection

La mesure doit être effectuée lorsque le four fonctionne en continu après qu'il a atteint son régime permanent en fonctionnant à son intensité assignée (I_n).

La méthode d'essai donnée en 7.2.1 de la CEI 60398 doit être appliquée.