

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Safety in installations for electroheating and electromagnetic processing –
Part 4: Particular requirements for arc furnace installations**

**Sécurité dans les installations destinées au traitement électrothermique et
électromagnétique –
Partie 4: Exigences particulières pour les installations de fours à arc**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Safety in installations for electroheating and electromagnetic processing –
Part 4: Particular requirements for arc furnace installations**

**Sécurité dans les installations destinées au traitement électrothermique et
électromagnétique –
Partie 4: Exigences particulières pour les installations de fours à arc**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.180.10

ISBN 978-2-8322-1059-1

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions and abbreviated terms	11
3.1 General concepts.....	11
3.2 Equipment and state of equipment.....	11
3.3 Parts and accessories.....	14
3.4 Safety related concepts	14
3.5 Abbreviated terms.....	14
4 Classification and subdivision of equipment and installations.....	14
4.1 Classification by processing frequency.....	14
4.2 Classification by voltage	14
4.3 Subdivision of installation and equipment.....	14
4.4 Classification of hazards and risks	14
5 Risk assessment	15
6 General provisions.....	15
6.1 Basic considerations	15
6.2 Significant hazards	15
6.3 Physical environment and operating conditions for the installation as such and electrical equipment outside the processing equipment.....	15
6.4 Physical environment and operating conditions for electrical equipment caused by operation of the processing equipment.....	16
6.5 Power supply	16
6.6 Access.....	17
6.7 Ergonomic aspects	17
6.8 Transport and storage.....	17
6.9 Provisions for handling.....	17
6.10 Consumables and replaceable parts	18
7 Protection against hazards from electric shock	18
7.1 General.....	18
7.2 Fundamental rule of protection.....	18
7.3 General provisions	18
7.4 Basic protection	19
7.5 Provisions for protection in electric single fault condition	19
7.6 Protective equipotential bonding	19
7.7 Additional provisions for fault protection for frequencies above 200 Hz	20
7.8 Currents in protective conductors.....	20
7.9 Touch current and touch voltage.....	20
7.10 Conductors and insulations at high temperature.....	20
7.11 Non-electric faults.....	20
8 Protection against hazards from electric or magnetic fields.....	20
8.1 General.....	20
8.2 Magnetic fields.....	21
8.3 Magnetic fields below 1 Hz	21
8.4 Local electric fields	21

8.5	Requirements related to barriers and screens	21
8.6	Requirements related to objects worn, carried or held by persons	21
9	Protection against hazards from radiation	21
9.1	General.....	21
9.2	Installation or equipment generating ionizing radiation	21
9.3	Ultraviolet radiation	21
9.4	Visible and infrared radiation	21
9.5	Laser sources	22
10	Protection against hazards from thermal influences	22
10.1	General.....	22
10.2	Surface temperature limits for protection against burn	22
10.3	Hazards caused by working conditions.....	22
10.4	Temperature resistance of components.....	22
10.5	Cooling	23
10.6	Over-temperature protection	23
11	Protection against hazards from fire	23
12	Protection against hazards from fluids	23
13	Specific requirements for components and subassemblies.....	23
13.1	General.....	23
13.2	Electrical equipment and conductors.....	23
13.3	Connection to the electrical supply network and internal connections.....	24
13.4	Isolation and switching.....	24
13.5	Sensors and actuators safeguarding moving parts	26
13.6	Motors	26
13.7	Non electric-heating means.....	26
13.8	Lighting.....	26
13.9	Structural parts and stability.....	27
13.10	Doors, windows and other openings.....	27
13.11	Transformers, inductors, capacitors	27
13.12	Handheld applicators	27
13.13	Vacuum systems.....	27
13.14	Protective and reactive gas generator	27
14	Control of the installation or equipment.....	27
14.1	General.....	27
14.2	Operator control unit	27
14.3	Emergency stop	28
14.4	Control systems and their safety functions	28
14.5	Controlgear.....	28
14.6	Protective devices.....	28
14.7	Over-temperature protection devices and systems	28
14.8	Overpressure safety device.....	28
15	Protection against mechanical hazards	29
16	Protection against hazards resulting from use	29
16.1	Particular hazards in processing of food, feed, cosmetics and similar intended for human or animal consumption	29
16.2	Combination equipment	29
17	EMC	29
17.1	Radio frequency interference	29

17.2	Immunity	29
18	Verification and testing	29
18.1	General.....	29
18.2	Performing measurements and tests	31
18.3	Verification of requirements from references	31
18.4	Examination of drawings or calculations.....	32
18.5	Visual inspection.....	32
18.6	Measurements	32
18.6.1	Environment and operating conditions inside the processing equipment	32
18.6.2	Impedance of protective bonding	32
18.6.3	Insulation resistance measurement.....	32
18.6.4	Measurement of electric or magnetic fields	34
18.6.5	Touch current measurement	34
18.6.6	Measurement of ionising radiation	34
18.6.7	Measurement of non-coherent optical irradiation.....	34
18.6.8	Measurement of coherent optical radiation.....	34
18.6.9	Surface temperature measurement.....	34
18.6.10	Temperature of structural components subject to heat.....	34
18.7	Functional tests	34
18.7.1	Protection by automatic disconnection of supply	34
18.7.2	Voltage test	34
18.7.3	Dielectric test	34
18.7.4	Accessibility of live parts	35
18.8	Numerical calculations and modelling.....	35
19	Information for use	35
19.1	General requirements	35
19.2	Location and nature of the information for use	35
19.3	Signalling and warning devices	35
19.4	Markings, pictograms, written warnings.....	35
19.5	Instruction handbook.....	35
Annex A (normative)	Lists of significant hazards	37
Annex B (normative)	Limits to touch currents.....	38
Annex C (normative)	Non coherent optical radiation – Limits and risk classes.....	39
Annex D (normative)	Electric and magnetic fields	40
Annex E (normative)	Surface temperature limits	41
Annex F (normative)	EH, EMP and fire.....	42
Annex G (normative)	Marking and warning.....	43
Annex H (normative)	Guidelines on using this document.....	44
Annex I (informative)	Connection with ISO 13577 (all parts).....	45
Annex J (informative)	Requirements specific to the EU and associated countries.....	46
Annex AA (normative)	Systems to assure improved safety for personnel working in the vicinity of electrodes and other live parts of secondary circuit.....	47
Annex BB (normative)	Limits to touch currents.....	53
Bibliography		54

Figure AA.1 – AC furnace supply according to design arrangements "a"	49
Figure AA.2 – AC furnace supply according to design arrangements "b"	49
Figure AA.3 – AC furnace supply according to design arrangements "c"	50
Figure AA.4 – DC furnace supply according to design arrangements "d"	51
Figure AA.5 – DC furnace supply according to design arrangements "e"	51
Figure AA.6 – Six electrode AC furnace supply with current converter according to design arrangements "f"	52
Table 1 – Methods for the verification of requirements	30
Table 101 – Test voltages of the Insulation measurement	33
Table 102 – Installation progress of EAF and LF	33

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY IN INSTALLATIONS FOR ELECTROHEATING
AND ELECTROMAGNETIC PROCESSING –****Part 4: Particular requirements for arc furnace installations**

FOREWORD

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

IEC 60519-4 has been prepared by IEC technical committee 27: Industrial electroheating and electromagnetic processing. It is an International Standard.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2013. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) the structure has been redrafted according to IEC 60519-1:2020;
- b) the scope and object have been redrafted;
- c) the terms and definitions, normative references and bibliography have been updated and completed;
- d) the requirements have been redrafted according to IEC 60519-1:2020;
- e) all provisions have been redrafted and the text is more concise with respect to submerged arc furnace installations;

- f) the annexes have been restructured, with respect to details concerning high voltage designs and non-electrical issues, however to be aware of in those installations;
- g) the aspect of noise has been removed from the scope;
- h) the EMC requirements have been clarified;
- i) risk classification of hazards have been based on emission;
- j) the boundaries to ISO 13577 (all parts) and ISO 13578 have been clarified.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
27/1141/FDIS	27/1143/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 60519 series, published under the general title *Safety in installations for electroheating and electromagnetic processing*, can be found on the IEC website.

The clauses of this standard supplement or modify the corresponding clauses of IEC 60519-1:2020 (*General Requirements* hereinafter called "Part 1").

This part of IEC 60519 is to be read in conjunction with Part 1. It supplements or modifies the corresponding clauses of Part 1. Where the text indicates an "addition" to or a "replacement" of the relevant provision of Part 1, these changes are made to the relevant text of Part 1. Where no change is necessary, the words "This clause of Part 1 is applicable" are used. When a particular subclause of Part 1 is not mentioned in this part, that subclause applies as far as is reasonable.

Additional specific provisions to those in Part 1, given as individual clauses or subclauses, are numbered starting from 101.

NOTE The following numbering system is used:

- subclauses, tables and figures that are numbered starting from 101 are additional to those in Part 1;
- unless notes are in a new subclause or involve notes in Part 1, they are numbered starting from 101, including those in a replaced clause or subclause;
- additional annexes are lettered AA, BB, etc.

In this standard, the following print types are used:

- requirements and definitions: in roman type;
- NOTES: in smaller roman type;
- terms used throughout this standard which have been defined in Clause 3: in bold type.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

INTRODUCTION

This fifth edition of IEC 60519-4 is a product safety publication and is intended to:

- include all types of installations or equipment that are in the scope of IEC TC 27/MT 21 dealing with **arc furnace** installations;
- give requirements on electrical safety, **touch currents**, electric fields, magnetic fields and radiation;
- give means for verification of the requirements;
- make extensive use of the standards developed by IEC committees with horizontal or group safety functions and of relevant ISO standards, most of them being developed by ISO TC 244;
- include all material, references and requirements suitable for risk assessment and list of significant hazards.

This document addresses mainly **manufacturers** making made-to-order equipment on a single project base. The **manufacturer** is well aware that it is his responsibility to make equipment safe through adequate risk reduction and it is the responsibility of the **user** to assess **exposure** of the **operator** in line with applicable health and safety regulations. Looking at projects providing single pieces of equipment or single installations, this clear division of responsibilities tends to blur, caused by inter alia:

- development of the process (**normal operation**) through the **manufacturer** and **user**,
- shared definition of working procedures for the **operator** by the **manufacturer** and **user**,
- the scope of delivery often including all protective means,
- individual sales contracts where **users** require an assessment of **exposure** through the **manufacturer**.

Thus, this document provides information on electrical hazards and limits where relevant, despite being well aware that this is exceeding the scope of a product standard.

Annexes I and J provide orientation with respect to the application of ISO 13577-1 in combination with this document.

The rated voltage of an **arc furnace** Installation can be in the range of low voltage or high voltage; details are given in 4.2.

This document presumes that the installation or equipment is operated and maintained only by personnel consisting of **skilled** or **instructed persons**.

This document is intended for verifying whether the **arc furnace** installation meets the safety requirements of this document through design, site acceptance tests, routine tests or inspection.

SAFETY IN INSTALLATIONS FOR ELECTROHEATING AND ELECTROMAGNETIC PROCESSING –

Part 4: Particular requirements for arc furnace installations

1 Scope

This clause of Part 1 is replaced by the following.

Replacement:

This part of IEC 60519 provides particular safety requirements for arc furnace installations. This document deals with the significant hazards, hazardous situations or hazardous events relevant to industrial **arc furnace** installations, as listed in Annex A, for **normal operation** and for **single fault condition** as well as under conditions of reasonably foreseeable misuse.

This document specifies the requirements intended to be met by the **manufacturer** to ensure the safety of persons and property during the complete life cycle of the equipment from design through commissioning, operation, maintenance, inspection, to decommissioning, as well as in the event of foreseeable **single fault condition** that can occur in the equipment.

The rated voltage of **arc furnace** installation can be in the range of low voltage or high voltage, details are given in 4.2.

This standard is applicable to **arc furnace** installations such as:

- a) furnaces for direct arc heating, forming arcs between the electrode and metal such as the electric **arc furnace** using alternating current (**EAF AC**) or direct current (**EAF DC**), and the ladle furnace (**LF**);
- b) furnaces for arc-resistance heating forming arcs between the electrode and the charge material or heating the charge material by the Joule effect, such as the **submerged arc-resistance** furnace using alternating current (**SAF AC**), or direct current (**SAF DC**).

NOTE 1 In some documents, the terms "smelter" or "electrical reduction furnace" are used.

Furnace installation for unattended operation is not covered by this document.

This document does not provide requirements for type testing.

NOTE 2 Industrial equipment covered by this document is typically produced as a single unit or a very small number of units; such unit usually has a very high value and can cause severe harm at disintegration.

This document does not address data security and hazards arising from neglect of security.

With respect to noise of electrical an **arc furnace**, ISO 13578:2017, 6.1.23 applies.

EAF DC and **SAF DC** are classified as zero frequency (0 Hz) equipment types. **EAF AC**, **SAF AC** and **LF** are classified as mains frequency (50 Hz or 60 Hz) equipment types. Furnaces being operated at frequencies outside of the above-mentioned equipment types are not covered by this document.

2 Normative references

This clause of Part 1 is applicable except as follows.

Replacement:

IEC 61936-1:2021, *Power installations exceeding 1 kV AC and 1,5 kV DC - Part 1: AC*

Additions:

IEC 60060-3, *High-voltage test techniques – Part 3: Definitions and requirements for on-site testing*

IEC 60519-1:2020, *Safety in installations for electroheating and electromagnetic processing – Part 1: General requirements*

ISO 13577-1:2016, *Industrial furnaces and associated processing equipment – Safety – Part 1: General requirements*

ISO 13578:2017, *Industrial furnaces and associated processing equipment – Safety requirements for machinery and equipment for production of steel by electric arc furnaces*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 General concepts

This subclause of Part 1 is applicable with the following additions.

Addition:

NOTE General definitions can be found in the IEC 60050 series, *International Electrotechnical Vocabulary*. Terms relating to industrial electro heating are defined in IEC 60050-841. Terms relating to EAF and SAF are also defined in IEC 60676 and IEC 60683.

3.1.101

intended use

use of a machine in accordance with the information for use provided in the instructions

[SOURCE: ISO 12100:2010, 3.23]

3.2 Equipment and state of equipment

This subclause of Part 1 is applicable with the following additions.

Addition:

3.2.101

AC current converter

device, which controls the secondary alternating current for EAF or SAF

3.2.102

arc furnace

furnace with a vessel, in which metal or other charged conducting material is heated mainly by electric arc or joule effect using alternating current (AC) or direct current (DC)

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-05, modified – The definition has been entirely reworded for better accuracy.]

3.2.103

arc furnace transformer

transformer changing high voltage electrical supply to a lower voltage and higher current for an arc furnace process

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-55, modified – The definition has been entirely reworded for better accuracy.]

3.2.104

electric arc furnace using alternating current

EAF AC

furnace, in which electric arcs between the electrodes and conducting material are formed, using alternating current

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-07, modified – The term has been modified and the definition has been entirely reworded for better accuracy.]

3.2.105

electric arc furnace using direct current

EAF DC

furnace, in which the direct current is conducted via bottom electrode(s) (anode) to the material to be processed, forming arcs between the material and the electrode(s) from top (cathode)

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-06, modified – The term has been modified and the definition has been entirely reworded for better accuracy.]

3.2.106

EAF electrode

LF electrode

part produced from high density graphite to transfer the electrical energy forming arcs between tip and charged material

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-38, modified – The terms and the definition have been made specific to EAF and LF.]

3.2.107

electrode clamp

metallic, water cooled device to hold the electrode and supply current for arcing to the electrode

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-39]

3.2.108

ladle furnace

LF

arc furnace for secondary treatment of liquid metals which uses a ladle instead of a furnace vessel

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-10, modified – The abbreviated term "LHF" has been removed and the definition has been entirely reworded for better accuracy.]

3.2.109

rectifier for direct current

device which converts alternating current into direct current for **EAF DC** or **SAF DC**

3.2.110**submerged arc-resistance furnace****SAF**

furnace, in which material melting is carried out as a result of combined arc and resistance heating

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-12, modified – The word "charge" has been replaced by "material".]

3.2.111**submerged arc-resistance furnace using alternating current****SAF AC**

furnace, in which material melting is carried out as a result of combined arc and resistance heating, using alternating current

3.2.112**submerged arc-resistance furnace using direct current****SAF DC**

furnace, in which material melting is carried out as a result of combined arc and resistance heating, using direct current

3.2.113**SAF electrode**

part produced from conductive material to transfer the electric current to the process

Note 1 to entry: There are different types of SAF electrodes, i.e.:

- a) prebaked electrodes,
- b) self-baking electrodes (e.g. Soederberg electrodes),
- c) extrusion/composite electrodes, which are a combination of Soederberg electrodes with a prebaked electrode as a core,
- d) hollow electrode system, which allow charging of fines via the centre hole (prebaked, self-baking).

3.2.114**single fault condition**

condition in which there is a fault of a single protection (but not a reinforced protection) or of a single component or device

Note 1 to entry: If a single fault condition results in one or more other fault conditions, all are considered as one single fault condition.

Note 2 to entry: Reinforced protection is defined in IEC 60050-903:2013, 903-02-08.

[SOURCE: IEC GUIDE 104:2019, 3.8]

3.2.115**furnace ON of an arc furnace installation**

normal arc furnace conditions during status "furnace breaker ON" and disconnector CLOSE and grounding switch OPEN

3.2.116**furnace OFF of an arc furnace installation**

normal arc furnace conditions during status "furnace breaker OFF" and disconnector CLOSE and grounding switch OPEN

3.2.117**furnace shut down of an arc furnace installation**

normal arc furnace condition during status "furnace breaker OFF" and disconnector OPEN and grounding switch CLOSED

3.3 Parts and accessories

This subclause of Part 1 is applicable.

3.4 Safety related concepts

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

3.4.101

emergency stop matrix

matrix indicating the relation of locations of emergency stop devices and related safety functions

3.5 Abbreviated terms

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

DRI: Direct reduced iron

EBT: Eccentric bottom tapping

HBI: Hot briquetted iron

OBT: Oval bottom tapping

4 Classification and subdivision of equipment and installations

4.1 Classification by processing frequency

This subclause of Part 1 is applicable.

4.2 Classification by voltage

This subclause of Part 1 is applicable with the following additions:

Additions:

Arc furnaces can be operated with a secondary voltage above 1 000 V (rms) at mains frequency or 1 500 V direct current; state of technology are **arc furnaces** with a secondary voltage of up to 3 600 V (rms) at mains frequency or 5 000 V DC.

High current supply part of **arc furnaces** with the secondary voltage up to 3 600 V (rms) or up to 5 000 V DC shall exceptionally be handled according to LV requirements, taking into account special requirements mentioned in this document.

NOTE High current supply part starting from the secondary side terminals of the **arc furnace transformer** mainly consist of secondary outlets of the **arc transformer**, high current bus bars, high current cables, flexibles, electrode support arms, electrode columns, electrodes and where applicable **AC current converter**, **rectifier for direct current**, reactor and/or bottom anode.

4.3 Subdivision of installation and equipment

This subclause of Part 1 is applicable.

4.4 Classification of hazards and risks

This subclause of Part 1 is applicable.

5 Risk assessment

This clause of Part 1 is applicable, with the following addition.

Addition:

Due to the different designs of **arc furnace** installations, an individual risk assessment shall be carried out in any case, taking into account the specific characteristics of the **arc furnace** installation and the interface between the **arc furnace** and other equipment and/or parts of buildings.

6 General provisions

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

6.1 Basic considerations

6.1.1

Not applicable and replaced by:

Any **arc furnace installation** or **equipment** shall be suitable for its **intended use** during foreseen lifetime, it shall be designed to be operated, adjusted and maintained without putting persons at **risk** during **normal operation** or single-fault condition. Design and construction shall ensure adequate reduction of the risk at the state of the art at the time "bring it to the market".

6.1.2 to 6.1.8

These subclauses of Part 1 are applicable.

6.2 Significant hazards

This subclause of Part 1 is applicable, with the following addition.

Addition:

NOTE Clause 5 of ISO 13578:2017 provides information to significant hazards of electric **arc furnaces** and equipment for production of steel.

6.3 Physical environment and operating conditions for the installation as such and electrical equipment outside the processing equipment

This subclause of Part 1 is applicable, with the following additions.

Additions:

6.3.101 Precautions shall be taken to avoid any hazard to persons due to transient voltages which might occur during **normal operation** in circuits comprising transformers, inductors, capacitors and rectifiers for direct current. Equipment shall be designed to suppress and/or withstand high voltages which are normal in the operation of an **arc furnace**.

6.3.102 **Electrical equipment** shall be arranged in such a way, that it does not deteriorate during **normal operation** due to physical and chemical effects, including heat load close to the furnace and pollution or electromagnetic forces, created by the current during operation. In case it is necessary, suitable measures shall be taken by the manufacturer or an advice shall be given to the user.

6.3.103 Amount and cooling water quality for water cooled **electrical equipment** shall be according to the requirements of the **manufacturer**.

NOTE Outside process equipment is defined in IEC 60519-1:2020, see Figure 1 – Block diagram of typical **EH** or **EPM** installation.

6.4 Physical environment and operating conditions for electrical equipment caused by operation of the processing equipment

This subclause of Part 1 is applicable, with the following additions.

Additions:

6.4.101 Furnace installations exceeding 1 000 V AC, or 1 500 V DC shall take into account ionization phenomena due to metallic vapour and pollution at high temperatures which may occur. **Insulation** and distance between the electric phases or between phases and ground shall be considered respectively.

6.4.102 Devices necessary for the operation (i.e. local control facilities, valve stands, lances and manipulators) of the furnace shall be arranged within easy reach of the **operator** and sufficient protection against **live parts**.

6.4.103 Devices for operation shall be designed and placed to prevent their unintended activation. Devices for operation with plug connections shall be mechanically locked and shall be designed different.

6.4.104 Electrical equipment and cables installed near components with high temperatures during operation shall have sufficient thermal strength and protection.

6.4.105 Precautions shall be taken to avoid any hazard to persons due to transient voltages which might occur during **normal operation** in circuits comprising high current systems.

6.4.106 Equipment shall be designed to suppress and/or withstand high voltages which are normal in the operation of an **arc furnace**.

6.4.107 Electrical equipment shall be arranged in such a way, that it does not deteriorate during **normal operation** due to physical and chemical effects, including heat load close to the furnace and pollution or electromagnetic forces, created by the current during operation. In case it is necessary, suitable measures shall be taken.

6.4.108 Amount and cooling water quality for water cooled **electrical equipment** shall be according to the requirements of the **manufacturer**.

NOTE Process equipment is defined in IEC 60519-1:2020, see Figure 1 – Block diagram of typical **EH** or **EPM** installation.

6.5 Power supply

This subclause of Part 1 is applicable, with the following additions.

Additions:

6.5.101 Short circuit capacity of the power supply on the point of common coupling (PCC) shall be according to the requirements of the **manufacturer**. When special conditions apply, an agreement between the **manufacturer** and **user** can be necessary.

6.5.102 Emergency power for equipment which is necessary to realise safe conditions shall be provided. Equipment which requires emergency power and its power consumption shall be

listed by the **manufacturer**. When special conditions apply, an agreement between the **manufacturer** and **user** can be necessary.

6.5.103 Uninterruptible power supply for control equipment which is necessary to realise safe conditions shall be provided. Equipment which requires uninterruptible power supply and its power consumption shall be listed by the **manufacturer**. When special conditions apply, an agreement between the **manufacturer** and **user** can be necessary.

6.5.104 All high voltage equipment on the **arc furnace transformer** primary side is designed, constructed and enclosed during any operation in accordance with IEC 61936:2021:

- a) for **arc furnaces** with secondary voltage up to 1 000 V AC or up to 1 500 V DC and also for state of technology **arc furnaces** with a secondary voltage of up to 3 600 V AC or 5 000 V DC the minimum relevant standard IEC 60664-1: 2020 applies;
- b) standard furnace operation according to the conditions, mentioned in 13.4.101 to 13.4.104;
- c) visible information is given in the control room with respect to the status of the high voltage switchgear and if applicable to the status of the AC or DC disconnectors.

NOTE Power supply means electrical energy supply as defined in IEC 60519-1:2020, Figure 1 – Block diagram of typical **EH** or **EPM** installation. This includes high voltage supply and low voltage supply.

6.6 Access

This subclause of Part 1 is applicable with the following additions.

Additions:

6.6.101 Personnel shall be warned of possible hazards associated with the **arc furnace**. In addition, they shall be warned of any hazardous area underneath the **arc furnace** and the area of current carrying conductors by warning signs. Access to the hazardous areas shall be prevented by **barriers** as far as practicable.

NOTE 1 6.1.10 and 6.1.14 of ISO 13578:2017 provide information and requirements to access of electric **arc furnaces** and equipment for production of steel.

NOTE 2 ISO 7010:2011 and IEC 60417 are valid.

6.7 Ergonomic aspects

This subclause of Part 1 is applicable, with the following addition.

Addition:

NOTE 6.1.8 of ISO 13578:2017 provides information and requirements to ergonomic principles of electric **arc furnaces** and equipment for production of steel.

6.8 Transport and storage

This subclause of Part 1 is applicable, with the following addition.

Addition:

NOTE The transport to site, e.g. large arc furnace transformer and storage constraints can have consequences on the design of the arc furnace installation.

6.9 Provisions for handling

This subclause of Part 1 is applicable, with the following addition.

Addition:

6.9.101 Any part of an installation or equipment which cannot be fitted with attachments for lifting shall be handled with other means of lifting equipment under safe conditions. The information shall be given by the **manufacturer**.

6.10 Consumables and replaceable parts

This subclause of Part 1 is applicable.

7 Protection against hazards from electric shock

7.1 General

This subclause of Part 1 is applicable with the following additions.

Additions:

7.1.101 The minimum relevant standard IEC 60664-1 applies for **arc furnaces** with a secondary voltage of up to 3 600 V AC or 5 000 V DC.

NOTE Electrical hazards in this standard are associated with electric charges and currents between frequencies of 0 Hz and up to 60 Hz (refer to 4.1.101).

7.2 Fundamental rule of protection

This subclause of Part 1 is applicable with the following additions.

Additions:

7.2.101 The limits of reach according to ISO 13857 are valid for **arc furnaces** with secondary voltage up to 1 000 V AC or up to 1 500 V DC. An additional distance of 120 mm shall be added to the limits of reach in accordance with ISO 13857 for **arc furnaces** with secondary voltage above 1 000 V AC up to 3 600 V AC or above 1 500 V DC up to 5 000 V DC.

NOTE The additional distance of 120 mm means the minimum clearances in air according to IEC 61936-1:2021, Table 2.

7.3 General provisions

This subclause of Part 1 is applicable, with the following addition.

Addition:

7.3.101 General

Direct contact with **live parts** shall not be permitted. However, using special equipment and tools designed for this purpose, certain operational procedures may allow contact with **live parts**, which shall be agreed with local authorities.

7.3.102 Special conditions for SAF

In case of **SAF AC** or **SAF DC**, in continuous operation, the inspection of the electrode paste level, electrode additions or welding of electrode casings will be permitted on **live parts** under the following conditions, to be fulfilled simultaneously:

- the rated voltage of the installation does not exceed 3 600 V AC or 5 000 V DC;
- the maximum permissible **touch currents** should be considered (refer to Annex BB)

- redundant **insulation** between support structure of electrode working platform and ground (steel structure);
- wooden working platform;
- redundant **insulation** of crane for electrodes to ground;
- separation of working platform to ground;
- separation walls shall exceed live electrodes by at least 300 mm;
- only instructed personnel is able to access the working platform
- ladders of non-conductive material shall be used;
- tools (e.g. welding machine, grinding machine) shall be insulated to ground;
- information signs to be installed according to Annex G.

7.3.103 Access to current-carrying parts of the **arc furnace**, including the bottom electrode system of an **EAF DC** and **SAF DC**, shall be permitted for **skilled** and **instructed personnel** only.

7.3.104 Changing and slipping of electrodes including work on electrode accessories shall not be carried out unless protective measures, stated in 13.4.1, have been ensured. This also applies for automatic electrode jointing.

7.3.105 Deviation from the requirements in 7.3.104 is permitted, in case safety of the personnel is fully ensured by other suitable precautions (for example, **insulation** of the **operator's** place, safe distance, use of insulated tools and contact with only one electrode).

7.3.106 Tools, lances (for oxygen, bath temperature) and other metallic devices to be used at an **arc furnace** during operation shall be earthed effectively. Their accessible metal parts shall be insulated or only be used by personnel insulated against earth (e.g. standing on an insulated platform at **SAF**). Where practicable, the length of any device, including arms of cars for charging materials, shall be such that any approach to the electrode is prevented. In case this is not possible, proper operating procedures shall be defined in the operation manual by the **manufacturer** (i.e. electrodes are raised and held raised during operation). In case of an automatic lance, it shall be earthed adequately and angled so that it is dipped into the metal well away from the electrodes.

7.4 Basic protection

This subclause of Part 1 is applicable.

7.5 Provisions for protection in electric single fault condition

This subclause of Part 1 is applicable.

7.6 Protective equipotential bonding

This subclause of Part 1 is applicable except as follows.

Replacement:

7.6.2 All accessible metal parts of the process equipment, which are liable to become accidentally live in the event of an **insulation** fault, shall be electrically connected to the equipotential bonding by the low impedance conductor, as safely and solidly as required.

Any structural part of the electrical installation or equipment may be used as part of the protective bonding circuit, in case an earth fault monitoring system is installed.

7.6.6 All parts of the protective equipotential bonding shall be dimensioned as safely and solidly as required.

7.6.7 All parts of the protective equipotential bonding shall be capable of withstanding all internal and external influences (including mechanical, thermal and corrosive).

If parts need to be checked regularly or maintained, the **manufacturer** shall indicate this in the information for use.

Movable conductive connections, e.g. hinges and slides, shall not be considered to be parts of a protective equipotential bonding system unless compliance with the requirements in 7.6 is maintained.

Where a component of an installation or equipment is intended to be removed, the protective equipotential bonding for any other part of the installation or equipment shall not be interrupted when removing the component unless the electrical supply to the other part is disconnected first.

No element of the protective equipotential bonding shall contain any device which could reasonably be expected to break the electrical continuity or to introduce significant impedance, with the exception of components intended to be removed. This requirement may be dispensed only temporarily for the verification of the continuity of protective conductors or for the measure of the current of the protective conductor – see Clause 18.

Addition:

7.6.101 In some furnace applications, IT Networks are also applicable. Above mentioned measures of 7.6 shall be adopted accordingly.

7.7 Additional provisions for fault protection for frequencies above 200 Hz

This subclause of Part 1 is not applicable.

7.8 Currents in protective conductors

This subclause of Part 1 is applicable.

7.9 Touch current and touch voltage

This subclause of Part 1 is applicable with the following replacement.

Replacement:

7.9.1 Touch currents causing harm shall be avoided. No part or surface that can cause harm when touched shall be accessible. Annex BB informs about limits for **touch currents** and **touch voltages**.

7.10 Conductors and insulations at high temperature

This subclause of Part 1 is applicable.

7.11 Non-electric faults

This subclause of Part 1 is applicable.

8 Protection against hazards from electric or magnetic fields

8.1 General

This subclause of Part 1 is applicable.

8.2 Magnetic fields

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

8.2.101 Measures shall be taken to avoid the influence of strong magnetic fields on the **normal operation** of some electrical devices, for example control units, electromagnetic valves and sensors; in addition, magnetization of some iron-made parts shall be prevented.

8.3 Magnetic fields below 1 Hz

This subclause of Part 1 is applicable.

8.4 Local electric fields

This subclause of Part 1 is applicable.

8.5 Requirements related to barriers and screens

This subclause of Part 1 is applicable.

8.6 Requirements related to objects worn, carried or held by persons

This subclause of Part 1 is applicable.

9 Protection against hazards from radiation

9.1 General

This subclause of Part 1 is applicable.

9.2 Installation or equipment generating ionizing radiation

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

9.2.3.101 EAF and **SAF** do not create ionizing radiation. The charged material can seldomly contain radioactive material. Suitable measures shall be taken in those cases to protect people and environment.

9.3 Ultraviolet radiation

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

9.3.2.101 EAF and **SAF** create ultraviolet radiation in the arcs. Measures can include **screens**, **barriers**, closed doors, filtered **windows** and warning markings. The **manufacturer** shall indicate to the **user** in the information for use the need for personal protective equipment if hazardous **exposure** can occur.

9.4 Visible and infrared radiation

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

9.4.101 EAF and SAF create visible and infrared radiation before, during and after the process. Counter measures can include **screens, barriers**, closed doors, filtered **windows** and warning markings. The **manufacturer** shall indicate to the **user** in the information for use the need for personal protective equipment if hazardous **exposure** can occur.

9.5 Laser sources

This subclause of Part 1 is applicable.

10 Protection against hazards from thermal influences

10.1 General

This subclause of Part 1 is applicable with the following modification.

Replacement:

10.1.2 Arc furnace installations or equipment shall be so designed, installed and operated that no hazard due to thermal energy or elevated temperature is likely to occur for the **operator** or the environment. **Arc furnace** installations or equipment shall be operated according to the **intended use**.

10.1.4 In case of a **single fault condition**, the **operator** shall decide whether the furnace can be operated until the next stop or shall be stopped and repaired immediately.

10.2 Surface temperature limits for protection against burn

This subclause of Part 1 is applicable.

10.3 Hazards caused by working conditions

This subclause of Part 1 is applicable.

10.4 Temperature resistance of components

This subclause of Part 1 is applicable with the following modification.

Replacement:

10.4.1 All structural parts and **enclosures** shall be made from or protected by material that is sufficiently temperature resistant at all temperatures they may reach during **normal operation**.

The structural parts and **enclosures** shall suitably be constructed to enable the personnel to escape safely in case of life-threatening fault conditions (e.g. unexpected flow of liquid material, collapsing of roof bricks etc.).

10.4.3 All **insulation** shall be made from materials that are sufficiently heat resistant at all temperatures it is exposed to during **normal operation**.

10.4.4 Clearance distances between conductive parts shall be sufficient for temperatures expected during **normal operation**.

10.4.5 Creepage distances between conductive parts shall be made to incorporate any increase of conductivity of insulating materials used due to temperatures expected during **normal operation**.

10.4.9 Refer to ISO 13578:2017, 6.1.22 Surface temperatures and heat radiation.

10.5 Cooling

This subclause of Part 1 is applicable with the following modification.

Replacement:

10.5.1 Where components require forced cooling and the lack of cooling can cause a hazard, provisions shall be made for monitoring the cooling action. If the cooling becomes insufficient, an alarm shall be triggered; if required, the equipment shall be switched into a safe state depending on the type of furnace.

NOTE EN 14677 and EN 14681 are valid in the European Union.

10.6 Over-temperature protection

This subclause of Part 1 is not applicable and replaced by:

Replacement:

No temperature control circuits of the charged material for EAF and SAF furnaces are used. The temperature shall be measured discontinuously via measuring lances, laser devices or similar devices.

The temperature of the charged material can be calculated by computer models in some cases as well.

NOTE EN 14677 and EN 14681 are valid in the European Union.

11 Protection against hazards from fire

This clause of Part 1 is applicable.

12 Protection against hazards from fluids

This clause of Part 1 is not applicable and replaced by:

Protection against hazards from fluids shall be according to ISO 13577-1:2016 and ISO 13578:2017.

13 Specific requirements for components and subassemblies

13.1 General

This subclause of Part 1 is applicable.

13.2 Electrical equipment and conductors

This subclause of Part 1 is applicable with the following modification.

Replacement:

13.2.1 The **electrical equipment** of the installation shall satisfy the safety requirements and dimensioning identified by the **manufacturer**.

The designer may select parts of the **electrical equipment** of the installation depending upon the installation, its **intended use** and its **electrical equipment** that are for LV in compliance with relevant parts of the IEC 61439 series and for HV parts in compliance with relevant parts of the IEC 62271 series or IEC 61936-1 – see also Annex D of IEC 60204-1:2016.

NOTE The IEC 61439 series specifies requirements for equipment covering a wide range of possible applications of LV switchgear and control gear assemblies. The IEC 62271 series specifies requirements for equipment covering a wide range of possible applications of HV switchgear and control gear assemblies.

Addition:

13.2.101 High current lines for **EAF DC** and **SAF DC** shall be reasonably arranged to reduce arc deflection, which can cause an impact to safe furnace operation.

13.2.2 This subclause of Part 1 is deleted.

13.3 Connection to the electrical supply network and internal connections

This subclause of Part 1 is applicable.

13.4 Isolation and switching

13.4.1 This subclause of Part 1 is applicable, with the following addition.

Addition:

13.4.101 The system shall be switched-off and earthed as shown in Annex AA prior to any access is allowed to the roof of an **arc furnace** or before working in the vicinity of the electrodes, including the bottom electrodes of an **EAF DC** or **SAF DC**. Means shall be provided to prevent any unexpected connection of the system. Visual inspection of open circuit breaker or disconnector is necessary (e.g. by CCTV- Closed Circuit Television). Any equipment under power in the vicinity shall be shielded effectively (for exceptions, see 7.3.102).

During the status: "**furnace OFF**", all jobs, which are defined under **EAF / LF** or **SAF** processes or operations, can be carried out, as long as safety measures are considered.

During the status: "**furnace ON**", some jobs, which are defined under **EAF / LF** or **SAF** processes or operations, can be carried out, as long as safety measures are considered.

Corresponding to IEC 61936-1 means to protect the persons working on electrical installations shall be valid.

13.4.102 Normal **EAF AC-**, **EAF DC-**, **LF-** or **EAF** material preheating processes or operations during status "furnace breaker ON" and disconnector CLOSE and grounding switch OPEN (refer to Annex AA) e.g.:

- normal production of the furnace;
- temperature measurement and sampling by a robot;
- deslagging;
- charging of alloying materials, lime carbon, DRI, HBI by continuous feeding (roof: closed);
- charging of hot metal via launder through slag door or additional side wall hole;
- material charging in preheating facilities;
- tapping sequence with siphon tapping system until 4°;
- tap hole refilling – if done by automatic sand filling system;

- access to transformer room in special cases only (e.g.: hot spot temperature measurement of the transformer flexibles located at primary and secondary side of the transformer during furnace power switch ON).

The above-mentioned operations are common practice on most EAF AC-, EAF DC-, LF- or EAF preheating facilities operation. Furnace applications can be differently designed, and hazards shall be analysed during risk assessment (refer to Clause 5).

13.4.103 Normal **EAF AC-**, **EAF DC-**, **LF-** or **EAF** material preheating processes or operations during status "furnace breaker OFF" and disconnector CLOSE and grounding switch OPEN (refer to Annex AA) e.g.:

- furnace power switch off;
- processes or operations mentioned in item 13.4.102 except normal production of the furnace manual temperature measurement and sampling by **operator**;
- tapping sequence with OBT, EBT or spout system;
- tap hole refilling – if done by **operator** manually;
- scrap charging;
- HBI and pig iron charged via crane into the furnace (roof: open);
- hot metal charging via ladle into the furnace (roof: open);
- slag door tunnel refractory services.

13.4.104 Normal **EAF AC-**, **EAF DC-**, **LF-** or **EAF** material preheating processes or operations during status "furnace breaker OFF" and disconnector OPEN and grounding switch CLOSED (refer to Annex AA) e.g.:

- **furnace shut down**;
- processes or operations mentioned in item 13.4.103;
- slipping and changing of electrodes;
- maintenance at
 - tap hole (exchange),
 - roof,
 - panels,
 - shell,
 - electrode arms,
 - high current system,
 - furnace transformer,
 - electrode spray cooling,
 - preheating facilities (e.g. shaft and fingers),
 - rectifier (**DC EAF**);
- refractory services.

13.4.105 Normal **SAF AC-**, **SAF DC** processes or operations during status "furnace breaker ON" and disconnector CLOSE and grounding switch OPEN (refer to Annex AA) e.g.:

- normal production of the furnace;
- charging of material;
- slipping of electrodes;
- addition of electrodes;
- stoking of material;

- tapping of production;
- tapping of slag;
- temperature measurement;
- bath level measurements;
- access to transformer room.

The above-mentioned operations are common practice on most SAF operation. Furnace application can be differently designed, and hazards shall be analysed during risk assessment (refer to Clause 5).

13.4.106 Normal **SAF AC-**, **SAF DC** processes or operations during status "furnace breaker OFF" and disconnecter CLOSE and grounding switch OPEN (refer to Annex AA) e.g.:

- furnace power shut off;
- processes or operations mentioned in item 13.4.105 except normal production of the furnace;
- maintenance activities without access to safety areas with hazards to electrical shock.

13.4.107 Normal **SAF AC-**, **SAF DC** processes or operations during status "furnace breaker OFF" and disconnecter OPEN and grounding switch CLOSED (refer to Annex AA) e.g.:

- **furnace shut down**;
- processes or operations mentioned in item 13.4.106;
- access to safety areas with hazards to electrical shock or magnetic fields;
- maintenance at:
 - electrode columns,
 - high current systems and high current cables,
 - transformers, rectifier, current converter, reactor,
 - furnace roof;
- refractory services.

13.4.108 The circuit breaker used to connect the electro heating installation to the power supply shall be capable of switching off safely all currents, which may occur, including short circuit current. When two switches are arranged in parallel, they shall be capable of carrying and switching-off the rated current safely which may arise. When two switches are arranged in series or parallel, each of them shall be capable of carrying and switching-off the short circuit current safely which may arise.

13.4.2 and **13.4.3** These subclauses of Part 1 are applicable.

13.5 Sensors and actuators safeguarding moving parts

This subclause of Part 1 is applicable.

13.6 Motors

This subclause of Part 1 is applicable.

13.7 Non electric-heating means

This subclause of Part 1 is applicable.

13.8 Lighting

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

13.8.101 If internal parts of the **arc furnace** installation require regular inspection, they shall be either provided with lighting appropriate to structure and to the nature of the process or the **user** shall be advised to install suitable lighting.

13.9 Structural parts and stability

This subclause of Part 1 is not applicable and replaced by the following.

Replacement:

Structural parts and stability of **arc furnace** installations shall be according to ISO 13578:2017, 6.1.1 and ISO 13577-1:2016, 4.1.2.1.

13.10 Doors, windows and other openings

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

13.10.101 ISO 13578:2017 is applicable.

13.11 Transformers, inductors, capacitors

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

NOTE Further information will be provided for example in the following IEC standards: IEC 60076 (all parts), IEC 61378 (all parts), IEC 60146-1-1, IEC 60870-1, IEC 62477-2.

13.12 Handheld applicators

This subclause of Part 1 is applicable.

13.13 Vacuum systems

This subclause of Part 1 is applicable.

13.14 Protective and reactive gas generator

This subclause of Part 1 is applicable.

14 Control of the installation or equipment

14.1 General

This subclause of Part 1 is applicable.

14.2 Operator control unit

This subclause of Part 1 is applicable, except as follows:

Replacements:

14.2.2 Any **operator** control unit or the control system

- a) Local control panels shall be positioned in a way that enables the **operator** to have a good overview to the controlled equipment;
- b) The control system shall make sure that starting of the furnace or process is only allowed if all installed safety devices are active and reset;
- c) The control system shall give acoustic, visual or a combination of both warnings as a start-up warning before movement of dangerous parts (e.g. roof swivelling, autonomous transfer cars) is started which are not covered or fenced.

NOTE 1 EN 14681 is valid in the European Union.

Persons inside a hazard zone or otherwise potentially being exposed to any hazard shall have sufficient time to leave the hazard zone or prevent starting.

NOTE 2 In **arc furnace** installations, it could happen that the **operator** cannot see all hazard zones.

14.3 Emergency stop

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

14.3.101 The location and function of individual emergency stop buttons shall be defined according to the requirements of the safety analysis, e.g. in an **emergency stop matrix**.

14.4 Control systems and their safety functions

This subclause of Part 1 is not applicable and replaced by:

For control systems and their functions, IEC 60204-1:2016 applies.

14.5 Controlgear

This subclause of Part 1 is applicable.

14.6 Protective devices

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Additions:

14.6.101 Relevant, **protective devices** against overcurrent of electro heating installations (refer to Annex AA) shall be provided in accordance with IEC 60204-11, in case of high voltage installations or with IEC 60364-4-43 and IEC 60204-1 in case of low voltage installations.

14.7 Over-temperature protection devices and systems

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Additions:

14.7.101 Number, type and location of overtemperature protection devices shall be defined in the risk assessment, see Clause 5.

14.8 Overpressure safety device

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

14.8.101 Number, type and location of overtemperature protection devices shall be defined in the risk assessment, see Clause 5.

15 Protection against mechanical hazards

This clause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

15.101 With respect to mechanical hazards of electrical **arc furnaces**, 4.2 of ISO 13577-1:2016 and ISO 13578:2017 is applicable.

16 Protection against hazards resulting from use

16.1 Particular hazards in processing of food, feed, cosmetics and similar intended for human or animal consumption

This subclause of Part 1 is not applicable.

16.2 Combination equipment

This subclause of Part 1 is applicable.

17 EMC

17.1 Radio frequency interference

This subclause of Part 1 is applicable.

17.2 Immunity

This subclause of Part 1 is applicable.

18 Verification and testing

18.1 General

This subclause of Part 1 is not applicable and replaced by:

Replacement:

Compliance of the **arc furnace** installation or equipment with the applicable safety requirements of this document including protective measures shall be verified by one or a combination of the following methods:

- a) examination of drawings or calculations,
- b) visual inspection,
- c) measurement,
- d) **functional test**,
- e) numerical modelling.

Table 1 lists the recommended methods of verification with respect to the specific requirements of this document. The applied method and results of the verification shall be documented.

Table 1 – Methods for the verification of requirements

Clause/ Sub- clause	Requirement or measure relating to	Verification done by				
		examination	visual inspection	measurement	functional test	numerical modelling
		18.4	18.5	18.6	18.7	18.8
6.4	Physical environment and operating conditions for electrical equipment caused by operation of the processing equipment	✓	✓	(✓)		
6.5	Power Supply	✓	✓	(✓)	(✓)	
6.6	Access	✓			(✓)	
6.7	Ergonomic aspects	✓	✓			
6.8	Transport and storage	✓	✓			
6.9	Provisions for handling	✓	✓			
6.10	Consumables and replaceable parts	✓	✓			
7	Protection against hazards from electric shock	refer to ISO 14120:2015				
7.3	General provisions	✓	✓			
7.4	Basic protection	✓	✓			
7.5	Provisions for protection in electric single fault condition	✓	✓			
7.6	Protective equipotential bonding	✓	✓	(✓)		
7.7	Additional provisions for fault protection for frequencies above 200 Hz	Not applicable				
7.8	Protective conductor currents	✓	✓	(✓)		
7.9	Touch current and touch voltage	✓	✓	(✓)		
7.10	Conductors and insulations at high temperature	✓	✓			
7.11	Non-electric faults	✓	✓			
8.2	Magnetic fields	✓	✓	(✓)		
8.3	Magnetic fields below 1 Hz	✓	✓	(✓)		
8.4	Local electric fields	Not applicable				
8.5	Requirements related to barriers and screens	✓	✓			
8.6	Requirements related to objects worn, carried or held by persons	✓	✓			
9.2	Installation or equipment generating ionizing radiation	(✓)	(✓)	(✓)		
9.3	Ultraviolet radiation	✓	✓	(✓)		
9.4	Visible and infrared radiation	✓	✓	(✓)		
9.5	Laser sources	refer to IEC 60825-1:2014				
10.2	Surface temperature limits for protection against burn	✓	✓	(✓)		
10.3	Hazards caused by working conditions		✓			
10.4	Heat resistance of components	✓	✓			
10.5	Cooling	✓	✓	✓	(✓)	
10.6	Over-temperature protection	✓	✓			
11	Protection against hazards from fire	✓	✓			

Clause/ Sub-clause	Requirement or measure relating to	Verification done by				
		examination	visual inspection	measurement	functional test	numerical modelling
		18.4	18.5	18.6	18.7	18.8
12	Protection against hazards from fluids	refer to ISO 13577-1:2016 and ISO 13578:2017				
13.2	Electrical equipment and conductors	✓	✓	(✓)	(✓)	
13.3	Connections to the electrical supply network and internal connections	✓	✓		✓	
13.4	Isolation and switching	✓	✓		✓	
13.5	Sensors and actuators safeguarding moving parts	✓	✓	✓	✓	
13.6	Motors	✓	✓		✓	
13.7	Non electric-heating means	refer to ISO 13577-2:2014				
13.8	Lighting	✓	✓	(✓)	(✓)	
13.9	Structural parts and stability	refer to ISO 13578:2017, 6.1.1 and ISO 13577-1:2016, 4.1.2.1				
13.10	Doors, windows and other openings	✓	✓			
13.11	Transformers, inductors, capacitors	✓	✓			
13.12	Handheld applicators	✓	✓		✓	
13.13	Vacuum systems	✓	✓			
13.14	Protective and reactive gas generator	refer to ISO 13577-3:2016				
14	Control of the installation or equipment	✓	✓		✓	
15	Protection against mechanical hazards	refer to ISO 13578:2017 and ISO 13577-1:2016				
16.1	Particular hazards in processing of food, feed, cosmetics and similar intended for human or animal consumption	Not applicable				
16.2	Combination equipment	✓		✓		
17	EMC			✓	✓	
19	Information for use	✓				
NOTE ✓ mandatory action, (✓) non mandatory action / depending on requirements of safety analysis						

18.2 Performing measurements and tests

This subclause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

18.2.101 Additional information for performing measurements and test are given in IEC 60676 for direct **arc furnaces** and in IEC 60683 for submerged-arc furnaces (SAF).

18.3 Verification of requirements from references

This subclause of Part 1 is applicable.

18.4 Examination of drawings or calculations

This subclause of Part 1 is applicable.

18.5 Visual inspection

This subclause of Part 1 is applicable.

18.6 Measurements

18.6.1 Environment and operating conditions inside the processing equipment

This subclause of Part 1 is applicable.

18.6.2 Impedance of protective bonding

This subclause of Part 1 is applicable.

18.6.3 Insulation resistance measurement

This subclause of Part 1 is not applicable and replaced by:

Replacements:

18.6.3.1 This part of IEC 60519 specifies the **insulation** resistance measurements for EAF, LF and SAF up to 3 600 V AC (at main frequency) or 5 000 V DC (at 0 frequency) nominal secondary voltage.

Insulation measurements are required for the protection of man and machinery.

The measurements of the **insulation** resistances are taken at various times and life cycles both between the individual components and in the form of earth **insulation** measurements. The recordings of the measuring points show whether the **insulation** resistances vary because of damage or soiling during the operation of the equipment.

18.6.3.2 The measuring device used for the **insulation** resistance measurements shall fulfil the following minimum requirements:

- Test voltage range for 500 V, 1 000 V, 2 500 V or 5 000V depending on the nominal voltage of the equipment

18.6.3.3 Measurements of the electrical **insulation** resistance shall be taken at the following times/events:

- during several erection stages,
- before hot commissioning,
- during the routine maintenance shutdowns.

Prior to and for the performance of the measurements, the following points shall be borne in mind:

- the safety instructions given in the operating and maintenance manuals shall be strictly observed at all times;
- measurements are allowed to be taken only and exclusively when the equipment is **furnace shut down** condition – in relation of the implemented configuration of Annex AA;
- measurements results can be influenced by transformers or cooling water connections. Refer also to 18.6.3.6.

18.6.3.4 Insulation resistance measurements shall be taken between two pre-defined points. The manufacture should inform about the measuring points in the information for use. The identification of the measuring points in a schematic and in a table by identification number shall be helpful.

18.6.3.5 The test voltage shall be selected according to Table 101 on the basis of the maximum transformer secondary voltage.

Table 101 – Test voltages of the Insulation measurement

Arc furnace transformer rated secondary voltage [V]	Test voltage [V]
SAF only: less than 500	500
up to 1 000	1 000
1 000 to 2 500	2 500
above 2 500	5 000

18.6.3.6 For an EAF and LF furnace installation with water-cooled **live parts**, the measurements shall be carried in several steps according to the installation progress, see Table 102.

Table 102 – Installation progress of EAF and LF

Sequentially installation progress	Minimum resistance
High current bus bar is installed without any further connections.	Phase to phase: 1 000 Ω / V Phase to ground: 1 000 Ω / V
Electrode arms are mounted on the stool without any further connections.	Phase to ground: 1 000 Ω / V
High current cables are connected to the high current bus bar and electrode arms. The cooling water hoses and hydraulic hoses are not connected to the electrode arms.	Phase to ground: 1 000 Ω / V
High current bus bar is connected to the secondary pins of the transformer. High current cables are connected to the high current bus bar and electrode arms.	Phase to phase: 1 000 Ω / V Phase to ground: 1 000 Ω / V
Cooling water hoses and hydraulic hoses are connected to the media supply and electrode arms. Cooling water is not in the measuring lines.	Phase to phase: $\approx 600 \Omega^a$ Phase to ground: $\approx 600 \Omega^a$
Cooling water in accordance with manufacturers specification is in the measuring lines.	Phase to ground: $\approx 300 \Omega^a$
^a Exception: For certain parts of the high current conductor circuit, a lower minimum value of insulation resistance is permitted in agreement with the manufacturer .	

Please note that the RC combination and any secondary voltage measurement on the transformer secondary side shall be disconnected before starting the measurements.

18.6.3.7 For an SAF furnace installation with water-cooled **live parts**, the measurement shall be carried out without connections to the water-cooling system. During the measurements, the cooling water hoses which would constitute an electric path shall be disconnected from the equipment.

When **insulation** resistance tests are performed, the **insulation** resistance measured between the high current conductor circuit and the protective bonding circuit shall be not less than 1k Ω /V rated voltage.

Exception: For certain parts of the high current conductor circuit a lower minimum value of **insulation** resistance is permitted in agreement with the **manufacturer**.

NOTE In some cases, **insulations** are used to prevent induced current flow in conductive parts closed to high current supply line. In these cases, only visual inspection is possible.

18.6.3.8 The used measuring method and test voltage should neither damage the **insulation** nor the installed equipment. The **arc furnace transformer**, **AC current converter** or DC rectifier shall be disconnected from the high current line.

Safety instructions shall be observed at any time. Attention shall be paid to the capacitance between the lines and earth in the case of capacitors with earthed cases.

18.6.4 Measurement of electric or magnetic fields

This subclause of Part 1 is applicable.

18.6.5 Touch current measurement

This subclause of Part 1 is applicable.

18.6.6 Measurement of ionising radiation

This subclause of Part 1 is not applicable.

18.6.7 Measurement of non-coherent optical irradiation

This subclause of Part 1 is applicable.

18.6.8 Measurement of coherent optical radiation

This subclause of Part 1 is not applicable and replaced by:

Laser and LED equipment shall be installed, tested and operated according to **manufacturer's** instructions.

18.6.9 Surface temperature measurement

This subclause of Part 1 is applicable.

18.6.10 Temperature of structural components subject to heat

This subclause of Part 1 is applicable.

18.7 Functional tests

18.7.1 Protection by automatic disconnection of supply

This subclause of Part 1 is applicable.

18.7.2 Voltage test

This subclause of Part 1 is applicable.

18.7.3 Dielectric test

This subclause of Part 1 is not applicable and replaced by:

Replacements:

For installed HV cables including cable sealing ends, IEC 60060-3 is applicable. Dielectric test for other HV equipment (e.g. furnace transformer, furnace switchgear, etc.) shall be tested at manufactures workshop according to applying standards.

18.7.4 Accessibility of live parts

This subclause of Part 1 is applicable.

18.8 Numerical calculations and modelling

This subclause of Part 1 is not applicable for EAF, LF and SAF.

19 Information for use

19.1 General requirements

This subclause of Part 1 is applicable.

19.2 Location and nature of the information for use

This subclause of Part 1 is applicable.

19.3 Signalling and warning devices

This subclause of Part 1 is applicable.

19.4 Markings, pictograms, written warnings

This subclause of Part 1 is applicable with the following modification.

Replacement:

19.4.1 The main **electrical equipment** should be marked on nameplate(s) at least with the following data in a visible and legible manner:

- a) serial number, if any, or name of the equipment;
- b) name and address of the **manufacturer**;
- c) year of construction;
- d) year of modification, if applicable;
- e) number of phases and rated input voltage; when the equipment is intended to be used at different rated supply voltages, the association of the particular voltage and corresponding supply terminals as well as the type of connection shall be indicated on the nameplate;
- f) type and value of rated input current;
- g) rated input power; in case of installations for several voltage ranges, the maximum values for the power input pertaining to the voltage ranges;
- h) input frequency and rated **process frequency** or range, where appropriate.

19.5 Instruction handbook

This subclause of Part 1 is applicable with the following modification.

Replacement of 19.5.1:

19.5.1 The instruction handbook and technical documentation shall be provided in a suitable electronic format as agreed between seller and buyer; if contractually agreed, in paper format.

Addition:

19.5.101 The **manufacturer** shall provide a safety layout document of the **arc furnace** installation. The safety layout shows the spatial arrangement of safety-related elements and areas around the **arc furnace**.

NOTE 6.1.26 of ISO 13578:2017 provides more details about safety layout.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

Annex A (normative)

Lists of significant hazards

Annex A of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

6.2 of ISO 13578:2017 provides addition information of significant hazards, hazardous situations, safety requirements and/or measures for electrical **arc furnaces** and equipment for production of steel by electric **arc furnaces**. This includes significant hazard of noise.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

Annex B
(normative)

Limits to touch currents

Annex B of Part 1 is not applicable and replaced by Annex BB.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

Annex C
(normative)

Non coherent optical radiation – Limits and risk classes

Annex C of Part 1 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

Annex D
(normative)

Electric and magnetic fields

Annex D of Part 1 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

Annex E (normative)

Surface temperature limits

Annex E of Part 1 is applicable with the following modification.

Addition:

The safety analysis may modify the surface temperature limits in **normal operation**.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

Annex F
(normative)

EH, EMP and fire

Annex F of Part 1 is applicable with the following addition:

NOTE Additional information is given in ISO 13577-1:2016.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

Annex G
(normative)

Marking and warning

Annex G of Part 1 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

Annex H (normative)

Guidelines on using this document

Annex H of Part 1 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

Annex I
(informative)

Connection with ISO 13577 (all parts)

Annex I of Part 1 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

Annex J
(informative)

Requirements specific to the EU and associated countries

Annex J of Part 1 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

Annex AA

(normative)

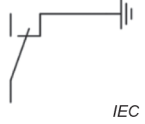
Systems to assure improved safety for personnel working in the vicinity of electrodes and other live parts of secondary circuit

In view of increased voltages and/or new switching techniques and/or the use of semiconductor power electronic components, one of the following design arrangements are required to safeguard the personnel:

- a) high-voltage circuit breaker in open position (S1), and high-voltage disconnecter in open position (S2) and high voltage earth switch in closed position (S3) (see Figure AA.1);
- b) high-voltage circuit breaker in open position (S1) and high-voltage disconnecter open with closed earth contact (S2) (see Figure AA.2);
- c) removable high voltage circuit breaker in open / removed position (S1) and closed earth contact (S2) (see Figure AA.3);
- d) high-voltage circuit breaker in open position (S1) and high- voltage disconnecter open with closed earth contact (S2). Firing pulses are stopped (see Figure AA.4);
- e) removable high-voltage breaker in open position (S 1) and high- current disconnecter open with closed earth contact (S2, S3). Firing pulses are stopped (see Figure AA.5);
- f) high voltage circuit breaker in open position (S1, S4, S7), high voltage disconnecter open with closed earth contact (S2, S5, S8) and low voltage earth switch closed (S3, S6, S9), firing pulses stopped (see Figure AA.6). The three single phase systems of the 6 electrode furnace can be switched individual.
- g) different designs or combinations of arrangements are possible, in case the same level (or higher level) of safety for personnel is provided.

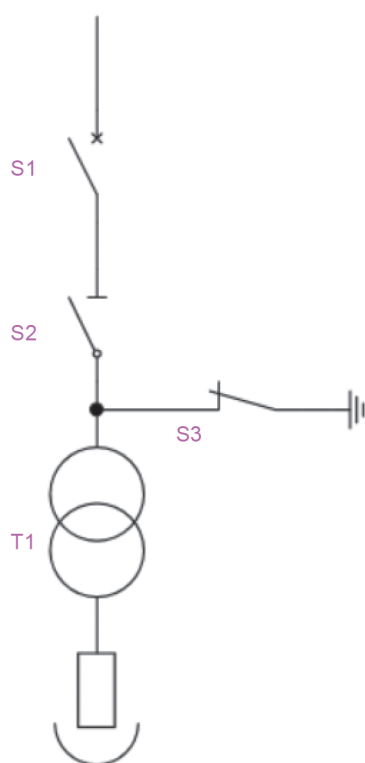
In case of Figure AA.1, Figure AA.2, Figure AA.3, Figure AA.4 and Figure AA.5, no protection is provided against any accidental energizing on the secondary side. To maintain the potential on the secondary side of the transformer near to earth, additional means shall be provided.

Key to Figures AA.1 to AA.6

	High voltage circuit breaker open
	High voltage disconnecter open
	Removable switch closed
	Earth switch / earth contact closed
	Changing switch with a closed earth contact
	Electrode

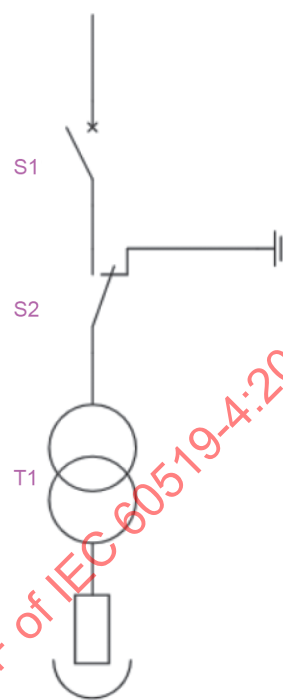
NOTE Symbols shown indicate the required position of the components to permit electrode handling and associated operations to take place.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021



IEC

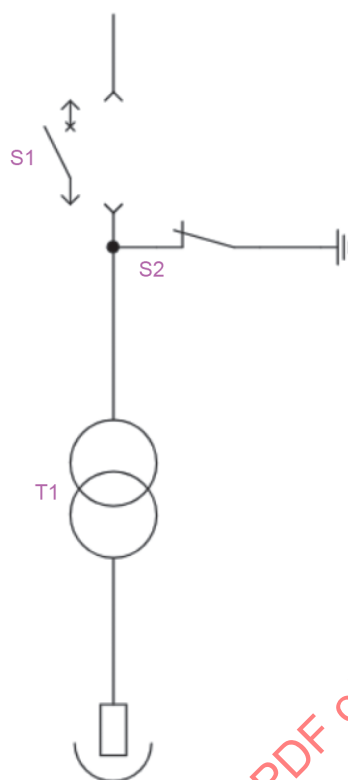
Figure AA.1 – AC furnace supply according to design arrangements "a"



IEC

Figure AA.2 – AC furnace supply according to design arrangements "b"

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021



IEC

Figure AA.3 – AC furnace supply according to design arrangements "c"

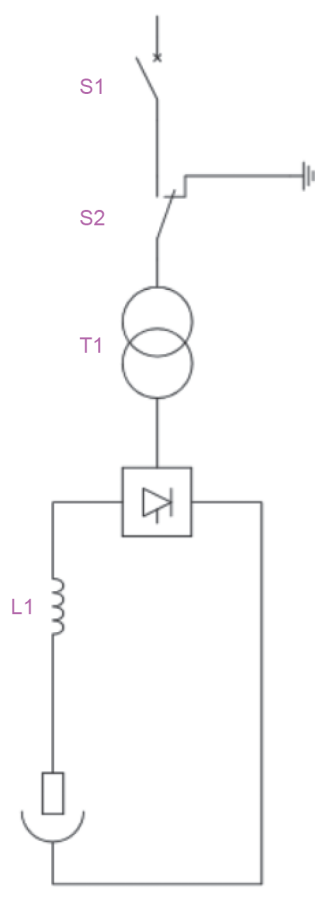


Figure AA.4 – DC furnace supply according to design arrangements "d"

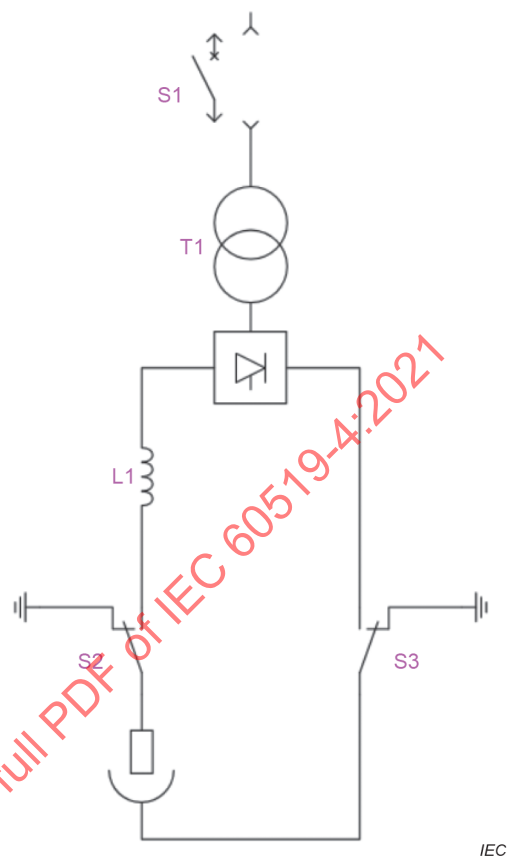


Figure AA.5 – DC furnace supply according to design arrangements "e"

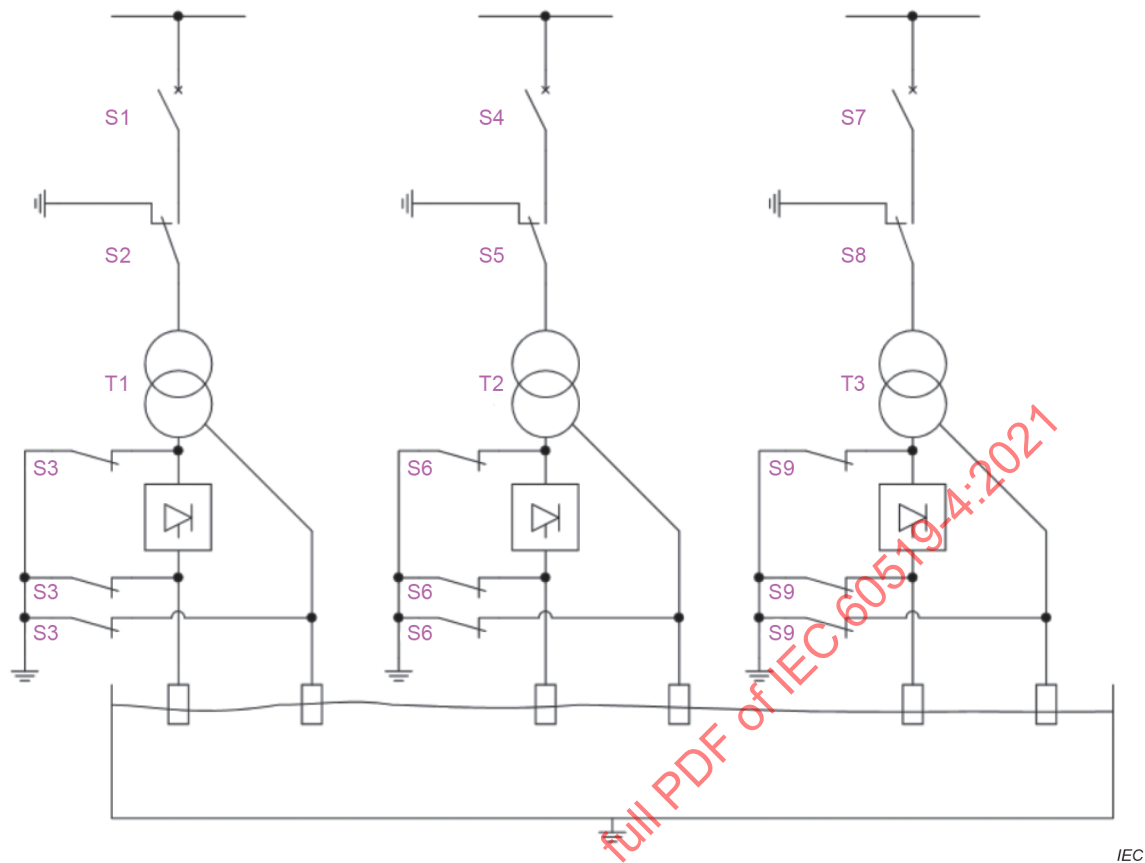


Figure AA.6 – Six electrode AC furnace supply with current converter according to design arrangements "f"

Annex BB (normative)

Limits to touch currents

The limits for electric and magnetic fields and **touch currents** shall be in accordance with the corresponding national regulations.

In case no national regulations are available, please refer to Annex B, which can be used as a guidance.

NOTE 1 For European countries, the EU directive 2013/35/EU and national regulations apply.

NOTE 2 IEC 61140:2016, 5.2.7 informs about the limits for perception and pain for DC and mains AC (50 Hz).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

Bibliography

The Bibliography of Part 1 is applicable with the following additions:

Additions:

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

IEC 60076 (all parts), *Power transformers*

IEC 60146-1 (all parts), *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters*

IEC 60676:2011, *Industrial electroheating equipment – Test methods for direct arc furnaces*

IEC 60683:2011, *Industrial electroheating equipment – Test methods for submerged-arc furnaces*

IEC 60871, *Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V*

IEC 61378 (all parts), *Converter transformers*

IEC 62477-2, *Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 2: Power electronic converters from 1 000 V AC or 1 500 V DC up to 36 kV AC or 54 kV DC*

EN 14677:2008, *Safety of machinery: Secondary Steelmaking-Machinery and equipment for treatment of liquid steel*

EN 14681:2007, *Safety of machinery: Safety requirements for machinery and equipment for production of steel by electric arc furnaces*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	60
INTRODUCTION.....	63
1 Domaine d'application	64
2 Références normatives	65
3 Termes, définitions et termes abrégés	65
3.1 Concepts généraux	65
3.2 Equipement et état de l'équipement	65
3.3 Pièces et accessoires	68
3.4 Concepts relatifs à la sécurité	68
3.5 Termes abrégés	68
4 Classification et subdivision des équipements et des installations	69
4.1 Classification par fréquence de traitement	69
4.2 Classification par tension	69
4.3 Subdivision des installations et des équipements	69
4.4 Classification des dangers et des risques	69
5 Appréciation du risque	69
6 Dispositions générales	70
6.1 Considérations de base	70
6.2 Dangers significatifs.....	70
6.3 Environnement physique et conditions d'exploitation de l'installation en l'état et équipement électrique à l'extérieur de l'équipement de traitement.....	70
6.4 Environnement physique et conditions d'exploitation de l'équipement électrique engendrés par l'exploitation de l'équipement de traitement	70
6.5 Alimentation électrique.....	71
6.6 Accès.....	72
6.7 Aspects ergonomiques.....	72
6.8 Transport et stockage	72
6.9 Dispositions en vue de la manutention	72
6.10 Consommables et pièces remplaçables	73
7 Protection contre les dangers dus à un choc électrique	73
7.1 Généralités	73
7.2 Règle de protection fondamentale.....	73
7.3 Dispositions générales	73
7.4 Protection principale	74
7.5 Dispositions relatives à la protection en condition de premier défaut électrique	74
7.6 Liaison équipotentielle de protection	75
7.7 Dispositions supplémentaires pour la protection contre les défauts à des fréquences supérieures à 200 Hz.....	75
7.8 Courants dans les conducteurs de protection.....	75
7.9 Courant de contact et tension de contact effective	75
7.10 Conducteurs et isolations à haute température	76
7.11 Défauts non électriques	76
8 Protection contre les dangers dus aux champs électriques ou magnétiques	76
8.1 Généralités	76
8.2 Champs magnétiques	76
8.3 Champs magnétiques inférieurs à 1 Hz	76

8.4	Champs électriques locaux	76
8.5	Exigences relatives aux barrières et écrans	76
8.6	Exigences relatives aux objets portés, transportés ou tenus par des personnes	76
9	Protection contre les dangers dus aux rayonnements	76
9.1	Généralités	76
9.2	Installation ou équipement générant des rayonnements ionisants	76
9.3	Rayonnements ultraviolets	77
9.4	Rayonnements visibles et infrarouges	77
9.5	Sources laser	77
10	Protection contre les dangers dus aux influences thermiques	77
10.1	Généralités	77
10.2	Limites de température de surface pour la protection contre les brûlures	77
10.3	Dangers causés par les conditions de travail	77
10.4	Résistance thermique des composants	78
10.5	Refroidissement	78
10.6	Protection contre la surchauffe	78
11	Protection contre les dangers d'incendie	79
12	Protection contre les dangers dus aux fluides	79
13	Exigences spécifiques pour les composants et sous-ensembles	79
13.1	Généralités	79
13.2	Équipement électrique et conducteurs	79
13.3	Raccordement au réseau électrique et raccordements internes	79
13.4	Sectionnement et coupure	79
13.5	Pièces mobiles de protection des capteurs et organes de commande	82
13.6	Moteurs	82
13.7	Moyens de chauffage non électriques	82
13.8	Eclairage	82
13.9	Pièces structurelles et stabilité	82
13.10	Portes, fenêtres et autres ouvertures	83
13.11	Transformateurs, inducteurs, condensateurs	83
13.12	Appareils portatifs	83
13.13	Système à vide	83
13.14	Générateur de gaz de protection et de gaz réactifs	83
14	Commande de l'installation ou de l'équipement	83
14.1	Généralités	83
14.2	Unité de commande de l'opérateur	83
14.3	Arrêt d'urgence	84
14.4	Systèmes de commande et leurs fonctions	84
14.5	Appareillage de commande	84
14.6	Dispositifs de protection	84
14.7	Dispositifs et systèmes de protection contre la surchauffe	84
14.8	Dispositif de sécurité contre la surpression	84
15	Protection contre les dangers mécaniques	85
16	Protection contre les dangers dus à l'utilisation	85
16.1	Dangers particuliers dans le traitement des denrées alimentaires, de l'alimentation animale, des cosmétiques et autres produits similaires destinés à la consommation humaine ou animale	85

16.2	Equipement combiné	85
17	CEM	85
17.1	Brouillage radioélectrique	85
17.2	Immunité	85
18	Vérification et essais	85
18.1	Généralités	85
18.2	Exécution des mesurages et des essais	87
18.3	Vérification des exigences issues de références	88
18.4	Examen des plans ou calculs	88
18.5	Examen visuel	88
18.6	Mesurages	88
18.6.1	Conditions d'environnement et de fonctionnement à l'intérieur de l'équipement de traitement	88
18.6.2	Impédance de la liaison de protection	88
18.6.3	Mesurage de la résistance d'isolement	88
18.6.4	Mesurage des champs électriques ou des champs magnétiques	90
18.6.5	Mesurage des courants de contact	90
18.6.6	Mesurage des rayonnements ionisants	90
18.6.7	Mesurage des rayonnements optiques non cohérents	90
18.6.8	Mesurage des rayonnements optiques cohérents	90
18.6.9	Mesurage de la température de surface	90
18.6.10	Température des composants structurels soumis à la chaleur	90
18.7	Essais fonctionnels	90
18.7.1	Protection par déconnexion automatique de l'alimentation	90
18.7.2	Essai de tension	90
18.7.3	Essai diélectrique	91
18.7.4	Accessibilité des parties actives	91
18.8	Calculs et modélisation numériques	91
19	Informations pour l'utilisation	91
19.1	Exigences générales	91
19.2	Emplacement et nature des informations pour l'utilisation	91
19.3	Dispositifs de signalisation et d'avertissement	91
19.4	Marquages, pictogrammes, avertissements écrits	91
19.5	Notice d'instructions	92
Annexe A (normative)	Liste des dangers significatifs	93
Annexe B (normative)	Limites des courants de contact	94
Annexe C (normative)	Rayonnements optiques non cohérents – Limites et classes de risque	95
Annexe D (normative)	Champs électriques et magnétiques	96
Annexe E (normative)	Limites de température de surface	97
Annexe F (normative)	EH, EPM et incendie	98
Annexe G (normative)	Marquage et avertissement	99
Annexe H (normative)	Lignes directrices pour l'utilisation du présent document	100
Annexe I (informative)	Liaison avec l'ISO 13577 (toutes les parties)	101
Annexe J (informative)	Exigences spécifiques à l'UE et aux pays associés	102
Annexe AA (normative)	Dispositifs destinés à améliorer la sécurité du personnel qui travaille à proximité des électrodes ou d'autres parties actives du circuit secondaire	103
Annexe BB (normative)	Limites des courants de contact	109

Bibliographie.....	110
Figure AA.1 – Alimentation du four en courant alternatif selon les dispositions de conception "a".....	105
Figure AA.2 – Alimentation du four en courant alternatif selon les dispositions de conception "b".....	105
Figure AA.3 – Alimentation du four en courant alternatif selon les dispositions de conception "c".....	106
Figure AA.4 – Alimentation du four en courant continu selon les dispositions de conception "d".....	107
Figure AA.5 – Alimentation du four en courant continu selon les dispositions de conception "e".....	107
Figure AA.6 – Alimentation du four à 6 électrodes en courant alternatif avec convertisseur de courant selon les dispositions de conception "f".....	108
Tableau 1 – Méthodes de vérification des exigences	86
Tableau 101 – Tensions d'essai pour le mesurage de l'isolation	89
Tableau 102 – Progression de l'installation des EAF et LF.....	89

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SÉCURITÉ DANS LES INSTALLATIONS DESTINÉES
AU TRAITEMENT ÉLECTROTHERMIQUE ET ÉLECTROMAGNÉTIQUE –****Partie 4: Exigences particulières pour les installations de fours à arc****AVANT-PROPOS**

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

L'IEC 60519-4 a été établie par le comité d'études 27 de l'IEC: Chauffage électrique industriel et traitement électromagnétique. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 2013. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) la structure a été remaniée sur la base de l'IEC 60519-1:2020;
- b) le domaine d'application et l'objet ont été reformulés;
- c) les termes et définitions, les références normatives et la bibliographie ont été mis à jour et complétés;

- d) les exigences ont été remaniées sur la base de l'IEC 60519-1:2020;
- e) toutes les dispositions ont été reformulées et le texte relatif aux installations de fours à arc submergé est plus concis;
- f) les annexes ont été restructurées, en ce qui concerne les détails relatifs aux conceptions haute tension et aux problèmes non électriques, mais dont il faut tenir compte dans le cadre de ces installations;
- g) l'aspect relatif au bruit a été retiré du domaine d'application;
- h) les exigences de CEM ont été clarifiées;
- i) la classification des risques et des dangers a été établie en fonction des émissions;
- j) les limites ont été clarifiées selon l'ISO 13577 (toutes les parties) et l'ISO 13578.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
27/1141/FDIS	27/1143/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60519, publiées sous le titre général *Sécurité dans les installations destinées au traitement électrothermique et électromagnétique*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Les articles de la présente norme complètent ou modifient les articles correspondants de l'IEC 60519-1:2020 (*Exigences générales*, ci-après désignée "Partie 1").

La présente partie de l'IEC 60519 doit être lue conjointement avec la Partie 1. Elle complète ou modifie les articles correspondants de la Partie 1. Lorsque le texte indique une "addition" ou un "remplacement" de la disposition correspondante de la Partie 1, ces modifications sont apportées au texte correspondant de la Partie 1. Lorsqu'aucune modification n'est nécessaire, la phrase "L'article de la Partie 1 est applicable" est utilisée. Lorsqu'un paragraphe particulier de la Partie 1 n'est pas mentionné dans cette partie, ce paragraphe s'applique pour autant que cela soit raisonnable.

Les dispositions spécifiques complémentaires à celles de la Partie 1, données en tant qu'articles ou que paragraphes individuels, sont numérotées à partir de 101.

NOTE Le système de numérotation suivant est utilisé:

- les paragraphes, tableaux et figures qui s'ajoutent à ceux de la Partie 1 sont numérotés à partir de 101;
- à l'exception de celles qui sont dans un nouveau paragraphe ou de celles qui concernent des notes de la Partie 1, les notes sont numérotées à partir de 101, y compris celles des articles ou paragraphes qui sont remplacés;
- les annexes qui sont ajoutées sont désignées AA, BB, etc.

Dans la présente norme, les caractères d'imprimerie suivants sont utilisés:

- exigences et définitions: caractères romains;
- NOTES: petits caractères romains;
- termes utilisés dans la présente norme qui ont été définis à l'Article 3: caractères gras.

Le comité a décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture du présent document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer le présent document en utilisant une imprimante couleur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-4:2021

INTRODUCTION

La présente cinquième édition de l'IEC 60519-4 est une publication de sécurité de produit et vise à:

- inclure tous les types d'installations ou d'équipements qui relèvent du domaine d'application de la MT 21 du CE 27 de l'IEC, qui traite des installations de **fours à arc**;
- fournir des exigences concernant la sécurité électrique, les **courants de contact**, les champs électriques, les champs magnétiques et les rayonnements;
- fournir des moyens de vérification des exigences;
- utiliser largement les normes élaborées par les comités de l'IEC qui ont une fonction horizontale ou une fonction groupée de sécurité ainsi que les normes ISO applicables, la plupart étant élaborées par le CT 244 de l'ISO;
- inclure tous les éléments, références et exigences appropriés pour l'appréciation du risque ainsi que la liste des dangers significatifs.

Le présent document s'adresse principalement aux **fabricants** qui produisent des équipements sur commande dans le cadre de projets individuels. Le **fabricant** est bien conscient qu'il est de sa responsabilité d'assurer la sûreté l'équipement par une réduction adéquate des risques et de celle de l'**utilisateur** d'évaluer l'**exposition** de l'**opérateur** conformément aux règlements applicables en matière de santé et de sécurité. Dans le cas des projets qui concernent la fourniture d'équipements ou d'installations individuels, cette répartition claire des responsabilités tend à devenir plus floue, notamment en raison:

- du développement du processus (**fonctionnement normal**) par le **fabricant** et par l'**utilisateur**;
- de la définition partagée des procédures de travail de l'**opérateur** par le **fabricant** et par l'**utilisateur**;
- du contenu de la livraison, qui comprend souvent tous les moyens de protection;
- des contrats de vente individuels dans lesquels les **utilisateurs** exigent une évaluation de l'**exposition** par le **fabricant**.

Par conséquent, le présent document fournit des informations concernant les dangers électriques et les limites applicables, le cas échéant, en ayant bien conscience que cela dépasse le domaine d'application d'une norme de produit.

Les Annexes I et J donnent une orientation en ce qui concerne l'application de l'ISO 13577-1 en combinaison avec le présent document.

La tension assignée d'une installation de **four à arc** peut être comprise dans la plage de basses tensions ou de hautes tensions; les détails sont donnés en 4.2.

Le présent document considère que l'installation ou l'équipement est exploité et entretenu uniquement par du personnel composé de **personnes qualifiées** ou **formées**.

Le présent document a pour objet de vérifier si l'installation de **four à arc** satisfait aux exigences de sécurité du présent document par sa conception, en procédant à des essais d'acceptation sur site, à des essais individuels de série ou à un examen.

SÉCURITÉ DANS LES INSTALLATIONS DESTINÉES AU TRAITEMENT ÉLECTROTHERMIQUE ET ÉLECTROMAGNÉTIQUE –

Partie 4: Exigences particulières pour les installations de fours à arc

1 Domaine d'application

L'article de la Partie 1 est remplacé par le texte suivant.

Remplacement:

La présente partie de l'IEC 60519 fournit des exigences de sécurité particulières pour les installations de fours à arc. Le présent document traite des dangers significatifs, des situations dangereuses ou des événements dangereux liés aux installations industrielles de **fours à arc**, répertoriés à l'Annexe A, en **fonctionnement normal** et en **condition de premier défaut**, ainsi qu'en cas de mauvais usage raisonnablement prévisible.

Le présent document spécifie les exigences à respecter par le **fabricant** pour assurer la sécurité des personnes et des biens sur l'ensemble du cycle de vie de l'équipement, de la conception au déclassement, en passant par la mise en service, l'exploitation, l'entretien, l'examen, ainsi qu'en cas de **condition de premier défaut** prévisible qui peut se produire dans l'équipement.

La tension assignée d'une installation de **four à arc** peut être comprise dans la plage de basses tensions ou de hautes tensions, les détails sont donnés en 4.2.

La présente norme est applicable aux installations de **fours à arc** telles que:

- a) les fours qui utilisent le chauffage direct par arc, qui forme des arcs entre l'électrode et le métal, tels que les **fours à arc** électriques à courant alternatif (**EAF AC**, *Electric Arc Furnace using Alternating Current*) ou à courant continu (**EAF DC**, *Electric Arc Furnace using Direct Current*), et les fours poche (**LF**, *Ladle Furnace*);
- b) les fours qui utilisent le chauffage à arc-résistance, qui forme des arcs entre l'électrode et la charge ou qui chauffe la charge par effet Joule, tels que les fours à **arc-résistance submergé** à courant alternatif (**SAF AC**, *Submerged Arc Furnace using Alternating Current*) ou à courant continu (**SAF DC**, *Submerged Arc Furnace using Direct Current*).

NOTE 1 Dans certains documents, les termes "four de fusion" ou "four de réduction électrique" sont utilisés.

Le présent document ne couvre pas les installations de fours prévues pour fonctionner sans surveillance.

Le présent document ne contient pas d'exigences pour les essais de type.

NOTE 2 Les équipements industriels couverts par le présent document sont généralement produits à l'unité ou en très faible quantité; l'unité a généralement une valeur très élevée et peut provoquer de graves dommages en cas de désintégration.

Le présent document ne traite pas de la sécurité des données ni des dangers qui résultent d'une négligence en matière de sécurité.

En ce qui concerne le bruit des **fours à arc** électriques, le 6.1.23 de l'ISO 13578:2017 s'applique.

Les **EAF DC** et les **SAF DC** sont classés comme des types d'équipements à fréquence nulle (0 Hz). Les **EAF AC**, les **SAF AC** et les **LF** sont classés comme des types d'équipements à fréquence du réseau (50 Hz ou 60 Hz). Le présent document ne couvre pas les fours qui fonctionnent à des fréquences autres que celles des types d'équipements susmentionnés.

2 Références normatives

L'article de la Partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes.

Remplacement:

IEC 61936-1:2021, *Installations électriques de puissance de tension supérieure à 1 kV en courant alternatif et 1,5 kV en courant continu – Partie 1: Courant alternatif*

Additions:

IEC 60060-3, *High-voltage test techniques – Part 3: Definitions and requirements for on-site testing* (disponible en anglais seulement)

IEC 60519-1:2020, *Sécurité dans les installations destinées au traitement électrothermique et électromagnétique – Partie 1: Exigences générales*

ISO 13577-1:2016, *Industrial furnaces and associated processing equipment – Safety – Part 1: General requirements* (disponible en anglais seulement)

ISO 13578:2017, *Fours industriels et équipements associés – Exigences de sécurité pour les machines et les équipements pour la production d'acier par four à arc électrique*

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Concepts généraux

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec les ajouts suivants.

Addition:

NOTE Les définitions générales peuvent être consultées dans la série IEC 60050, *Vocabulaire Electrotechnique International*. Les termes relatifs à l'électrothermie industrielle sont définis dans l'IEC 60050-841. Les termes relatifs aux fours à arc électriques et aux fours à arc submergé sont également définis dans l'IEC 60676 et l'IEC 60683.

3.1.101 utilisation normale

utilisation d'une machine conformément aux informations pour l'utilisation données dans les instructions

[SOURCE: ISO 12100:2010, 3.23]

3.2 Equipement et état de l'équipement

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec les ajouts suivants.

Addition:

3.2.101

convertisseur de courant alternatif

appareil qui contrôle le courant alternatif secondaire, pour un four à arc électrique ou un four à arc-résistance submergé

3.2.102

four à arc

four qui comporte une enceinte, dans laquelle une charge métallique, ou autre charge conductrice, est chauffée principalement par un arc électrique ou par effet Joule, en courant alternatif (AC) ou continu (DC)

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-05, modifié – La définition a été entièrement reformulée de façon à être plus précise.]

3.2.103

transformateur de four à arc

transformateur qui transforme l'alimentation électrique haute tension en plus basse tension et en courant plus élevé dans le cadre du traitement d'un four à arc

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-55, modifié – La définition a été entièrement reformulée de façon à être plus précise.]

3.2.104

four à arc électrique à courant alternatif

EAF AC

four à courant alternatif dans lequel se forment des arcs électriques entre les électrodes et le matériau conducteur

Note 1 à l'article: L'abréviation "EAF AC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "electric arc furnace using alternating current".

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-07, modifié – La définition a été entièrement reformulée de façon à être plus précise.]

3.2.105

four à arc électrique à courant continu

EAF DC

four dans lequel le courant continu est induit par une ou plusieurs électrodes de fond (anodes) dans la charge, ce qui crée des arcs entre la charge et les électrodes supérieures (cathodes)

Note 1 à l'article: L'abréviation "EAF DC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "electric arc furnace using direct current".

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-06, modifié – La définition a été entièrement reformulée de façon à être plus précise.]

3.2.106

électrode de four à arc électrique

électrode de four poche

partie produite à partir de graphite à haute densité, qui permet de transférer l'énergie électrique en formant des arcs entre sa pointe et la charge

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-38, modifié – Les termes et la définition ont été rendus spécifiques aux EAF et LF.]

3.2.107**pince d'électrode**

équipement métallique refroidi par de l'eau destiné à tenir une électrode et à fournir le courant d'arc à une électrode

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-39]

3.2.108**four poche****LF**

four à arc destiné au traitement secondaire de métaux liquides qui utilise une poche au lieu d'une enceinte de four

Note 1 à l'article: L'abréviation "LF" est dérivée du terme anglais développé correspondant "ladle furnace".

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-10, modifié – L'abréviation "LF" a été ajoutée et la définition a été entièrement reformulée de façon à être plus précise.]

3.2.109**redresseur de courant continu**

appareil qui convertit le courant alternatif en courant continu, pour un **EAF DC** ou un **SAF DC**

3.2.110**four à arc-résistance submergé****SAF**

four dans lequel la fusion du matériau est produite par la combinaison du chauffage par arc et du chauffage par résistance

Note 1 à l'article: L'abréviation "SAF" est dérivée du terme anglais développé correspondant "submerged arc-resistance furnace".

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-26-12, modifié – Le terme "charge" a été remplacé par "matériau".]

3.2.111**four à arc-résistance submergé à courant alternatif****SAF AC**

four dans lequel la fusion du matériau est produite par la combinaison du chauffage par arc et du chauffage par résistance, en courant alternatif

Note 1 à l'article: L'abréviation "SAF AC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "submerged arc-resistance furnace using alternating current".

3.2.112**four à arc-résistance submergé à courant continu****SAF DC**

four dans lequel la fusion du matériau est produite par la combinaison du chauffage par arc et du chauffage par résistance, en courant continu

Note 1 à l'article: L'abréviation "SAF DC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "submerged arc-resistance furnace using direct current".

3.2.113

électrode de four à arc-résistance submergé

partie produite à partir de matériau conducteur, qui permet de transférer le courant électrique pour le traitement

Note 1 à l'article: Il existe différents types d'électrodes de four à arc-résistance submergé, à savoir:

- a) les électrodes précuites,
- b) les électrodes à autocuisson (par exemple, électrodes Soederberg),
- c) les électrodes à extrusion/composites, qui sont une combinaison d'électrodes Soederberg avec une électrode précuite comme noyau,
- d) les systèmes d'électrodes creuses, qui permettent le chargement de fines par le trou central (précuites, à autocuisson).

3.2.114

condition de premier défaut

condition dans laquelle il existe un défaut d'une protection simple (mais pas d'une protection renforcée) d'un composant ou d'un dispositif unique

Note 1 à l'article: Si une condition de premier défaut engendre une ou plusieurs autres conditions de défaut, toutes sont considérées comme une seule condition de premier défaut.

Note 2 à l'article: La protection renforcée est définie dans l'IEC 60050-903:2013, 903-02-08.

[SOURCE: GUIDE IEC 104:2019, 3.8]

3.2.115

four sous tension dans une installation de four à arc

conditions normales du four à arc à l'état "disjoncteur sous tension" avec sectionneur fermé et connecteur de terre ouvert

3.2.116

four hors tension dans une installation de four à arc

conditions normales du four à arc à l'état "disjoncteur hors tension" avec sectionneur fermé et connecteur de terre ouvert

3.2.117

arrêt du four dans une installation de four à arc

condition normale du four à arc à l'état "disjoncteur hors tension" avec sectionneur ouvert et connecteur de terre fermé

3.3 Pièces et accessoires

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

3.4 Concepts relatifs à la sécurité

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

3.4.101

matrice d'arrêt d'urgence

matrice qui indique la relation entre les emplacements des dispositifs d'arrêt d'urgence et les fonctions de sécurité connexes

3.5 Termes abrégés

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

FRD: Fer de réduction directe

EBT: Eccentric bottom tapping (Coulée par trou excentré)

HBI: Hot briquetted iron (Fer briqueté à chaud)

OBT: Oval bottom tapping (Coulée par trou ovale)

4 Classification et subdivision des équipements et des installations

4.1 Classification par fréquence de traitement

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

4.2 Classification par tension

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec les ajouts suivants:

Additions:

Les **fours à arc** peuvent fonctionner avec une tension secondaire supérieure à 1 000 V (valeur efficace) à la fréquence du réseau ou à 1 500 V en courant continu; les **fours à arc** de tension secondaire jusqu'à 3 600 V (valeur efficace) à la fréquence du réseau ou jusqu'à 5 000 V en courant continu constituent l'état de la technique.

La partie alimentation à haute intensité des **fours à arc** de tension secondaire jusqu'à 3 600 V (valeur efficace) ou jusqu'à 5 000 V en courant continu doit exceptionnellement être traitée conformément aux exigences BT, en tenant compte des exigences particulières mentionnées dans le présent document.

NOTE La partie alimentation à haute intensité à partir des bornes du côté secondaire du **transformateur de four à arc** comprend principalement les sorties secondaires du **transformateur à arc**, des jeux de barres à haute intensité, des câbles à haute intensité, des câbles souples, des bras de support pour électrode, des colonnes d'électrodes, des électrodes et, le cas échéant, un **convertisseur de courant alternatif**, un **redresseur de courant continu**, un réacteur et/ou une anode de fond.

4.3 Subdivision des installations et des équipements

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

4.4 Classification des dangers et des risques

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

5 Appréciation du risque

L'article de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

En raison des différentes conceptions d'installations de **fours à arc**, une appréciation individuelle du risque doit être effectuée dans tous les cas, en tenant compte des caractéristiques spécifiques de l'installation de **four à arc** et de l'interface entre le **four à arc** et d'autres équipements et/ou des parties de bâtiments.

6 Dispositions générales

L'article de la Partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes:

6.1 Considérations de base

6.1.1

Non applicable et remplacé par le texte suivant:

Toute **installation** ou tout **équipement de four à arc** doit être adapté à son **utilisation normale** pendant la durée de vie prévue, et doit être conçu pour être exploité, réglé et entretenu sans exposer les personnes à des **risques en fonctionnement normal** ou en condition de premier défaut. La conception et la construction doivent assurer une réduction adéquate du risque à l'état de la technique au moment de la "mise sur le marché".

6.1.2 à 6.1.8

Les paragraphes de la Partie 1 sont applicables.

6.2 Dangers significatifs

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

NOTE L'Article 5 de l'ISO 13578:2017 fournit des informations relatives aux dangers significatifs des **fours à arc** électriques et des équipements pour la production d'acier.

6.3 Environnement physique et conditions d'exploitation de l'installation en l'état et équipement électrique à l'extérieur de l'équipement de traitement

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec les ajouts suivants.

Additions:

6.3.101 Toutes les précautions doivent être prises pour que le personnel ne soit pas mis en danger par les surtensions transitoires qui peuvent se produire en **fonctionnement normal** dans des circuits qui comportent à la fois des transformateurs, des inducteurs, des condensateurs et des redresseurs de courant continu. Les matériels doivent être conçus pour éliminer et/ou supporter des tensions élevées qui sont normales pendant le fonctionnement d'un **four à arc**.

6.3.102 Les **équipements électriques** doivent être disposés de telle façon qu'en **fonctionnement normal**, ils ne se détériorent pas par suite des effets chimiques et physiques créés par le courant en fonctionnement, notamment la puissance thermique près du four, la pollution ou les forces électromagnétiques. En cas de nécessité, des mesures adaptées doivent être prises par le fabricant ou des conseils doivent être donnés à l'utilisateur.

6.3.103 La quantité et la qualité de l'eau de refroidissement des **équipements électriques** refroidis par eau doivent être conformes aux exigences du **fabricant**.

NOTE L'équipement de traitement extérieur est défini dans l'IEC 60519-1:2020; voir Figure 1 – Schéma de principe d'une installation **EH** ou **EPM** type.

6.4 Environnement physique et conditions d'exploitation de l'équipement électrique engendrés par l'exploitation de l'équipement de traitement

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec les ajouts suivants.

Additions:

6.4.101 Les installations de fours qui dépassent 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu doivent prendre en compte les phénomènes d'ionisation qui peuvent se produire du fait de la vapeur métallique et de la pollution à haute température. L'**isolation** et la distance entre les phases électriques ou entre les phases et la terre doivent être respectivement prises en compte.

6.4.102 Les appareils nécessaires à la manœuvre du four (c'est-à-dire les systèmes de commande locaux, les supports de soupape, les lances et les manipulateurs) doivent être disposés de façon à être aisément accessibles par l'**opérateur** et à assurer une protection suffisante contre les **parties actives**.

6.4.103 Les appareils de manœuvre doivent être conçus et placés de façon à empêcher leur activation fortuite. Les appareils de manœuvre avec des raccordements par fiche doivent être verrouillés mécaniquement et conçus différemment.

6.4.104 L'**équipement électrique** et les câbles placés à proximité d'éléments qui ont une température de fonctionnement élevée doivent avoir une résistance thermique suffisante et disposer d'une protection adéquate.

6.4.105 Toutes les précautions doivent être prises pour que le personnel ne soit pas mis en danger par les surtensions transitoires qui peuvent se produire en **fonctionnement normal** dans des circuits qui comportent des systèmes à haute intensité.

6.4.106 Les matériels doivent être conçus pour éliminer et/ou supporter des tensions élevées qui sont normales pendant le fonctionnement d'un **four à arc**.

6.4.107 Les **équipements électriques** doivent être disposés de telle façon qu'en **fonctionnement normal**, ils ne se détériorent pas par suite des effets chimiques et physiques créés par le courant en fonctionnement, notamment la puissance thermique près du four, la pollution ou les forces électromagnétiques. En cas de nécessité, des mesures adaptées doivent être prises.

6.4.108 La quantité et la qualité de l'eau de refroidissement des **équipements électriques** refroidis par eau doivent être conformes aux exigences du **fabricant**.

NOTE L'équipement de traitement est défini dans l'IEC 60519-1:2020, voir Figure 1 – Schéma de principe d'une installation **EH** ou **EPM** type.

6.5 Alimentation électrique

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec les ajouts suivants.

Additions:

6.5.101 La capacité de court-circuit de l'alimentation électrique au point de couplage commun (PCC) doit être conforme aux exigences du **fabricant**. Lorsque des conditions particulières s'appliquent, un accord peut être nécessaire entre le **fabricant** et l'**utilisateur**.

6.5.102 Une alimentation de secours des équipements, nécessaire à la réalisation des conditions de sécurité, doit être prévue. Les équipements qui exigent une alimentation de secours et la consommation électrique correspondante doivent être indiqués par le **fabricant**. Lorsque des conditions particulières s'appliquent, un accord peut être nécessaire entre le **fabricant** et l'**utilisateur**.

6.5.103 Une alimentation sans interruption des équipements de commande, nécessaire à la réalisation de conditions de sécurité, doit être prévue. Les équipements qui exigent une alimentation sans interruption et la consommation électrique correspondante doivent être indiqués par le **fabricant**. Lorsque des conditions particulières s'appliquent, un accord peut être nécessaire entre le **fabricant** et l'**utilisateur**.

6.5.104 Tous les appareils haute tension du côté primaire du **transformateur de four à arc** sont conçus, construits et mis sous enveloppe pendant toute opération, conformément à l'IEC 61936:2021:

- a) pour les **fours à arc** de tension secondaire jusqu'à 1 000 V en courant alternatif ou jusqu'à 1 500 V en courant continu, ainsi que pour les **fours à arc** à l'état de la technique de tension secondaire jusqu'à 3 600 V en courant alternatif ou 5 000 V en courant continu, la norme minimale pertinente IEC 60664-1:2020 s'applique;
- b) le four fonctionne normalement, conformément aux conditions mentionnées du 13.4.101 au 13.4.104;
- c) des informations visibles relatives à l'état du commutateur haute tension et, le cas échéant, à l'état du sectionneur de courant alternatif ou continu sont données dans la salle de commande.

NOTE L'alimentation électrique correspond à l'alimentation en énergie électrique définie dans l'IEC 60519-1:2020, Figure 1 – Schéma de principe d'une installation **EH** ou **EPM** type. Sont incluses l'alimentation haute tension et l'alimentation basse tension.

6.6 Accès

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec les ajouts suivants.

Additions:

6.6.101 Le personnel doit être averti des possibles dangers présentés par le **four à arc**. En outre, des panneaux d'avertissement doivent mettre le personnel en garde contre tout accès à la zone dangereuse située en dessous du **four à arc** et à la zone des conducteurs sous tension. Dans la mesure du possible, des **barrières** doivent interdire l'accès aux zones dangereuses.

NOTE 1 Le 6.1.10 et le 6.1.14 de l'ISO 13578:2017 fournissent des informations et des exigences relatives à l'accès des **fours à arc** électriques et des équipements pour la production d'acier.

NOTE 2 L'ISO 7010:2011 et l'IEC 60417 s'appliquent.

6.7 Aspects ergonomiques

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

NOTE Le 6.1.8 de l'ISO 13578:2017 fournit des informations et des exigences relatives aux principes ergonomiques des **fours à arc** électriques et des équipements pour la production d'acier.

6.8 Transport et stockage

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

NOTE Le transport vers le site, par exemple pour un transformateur de four à arc de grande taille, et les contraintes de stockage peuvent avoir des conséquences sur la conception de l'installation de four à arc.

6.9 Dispositions en vue de la manutention

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

6.9.101 Toute partie d'une installation ou d'un équipement qui ne peut pas être équipée de fixations en vue du levage doit être manipulée à l'aide d'autres moyens de levage dans des conditions de sécurité. Les informations doivent être fournies par le **fabricant**.

6.10 Consommables et pièces remplaçables

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

7 Protection contre les dangers dus à un choc électrique

7.1 Généralités

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec les ajouts suivants.

Additions:

7.1.101 La norme minimale pertinente IEC 60664-1 s'applique aux **fours à arc** de tension secondaire jusqu'à 3 600 V en courant alternatif ou 5 000 V en courant continu.

NOTE Les dangers électriques indiqués dans la présente norme sont associés à des charges et des courants électriques à des fréquences de 0 Hz jusqu'à 60 Hz (voir 4.1.101).

7.2 Règle de protection fondamentale

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec les ajouts suivants.

Additions:

7.2.101 Les limites d'atteinte selon l'ISO 13857 sont valables pour les **fours à arc** de tension secondaire jusqu'à 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu. Une distance supplémentaire de 120 mm doit être ajoutée aux limites d'atteinte selon l'ISO 13857 pour les **fours à arc** de tension secondaire supérieure à 1 000 V en courant alternatif jusqu'à 3 600 V en courant alternatif ou supérieure à 1 500 V en courant continu jusqu'à 5 000 V en courant continu.

NOTE La distance supplémentaire de 120 mm correspond aux distances minimales d'isolement dans l'air conformément au Tableau 2 de l'IEC 61936-1:2021.

7.3 Dispositions générales

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

7.3.101 Généralités

Les contacts directs avec les **parties actives** ne doivent pas être autorisés. Toutefois, certaines procédures d'exploitation, qui doivent être agréées par les autorités locales, peuvent permettre des contacts avec les **parties actives**, en utilisant les appareils et outils spéciaux prévus à cet effet.

7.3.102 Conditions spéciales pour les fours à arc-résistance submergé

Dans le cas des **fours à arc-résistance submergé à courant alternatif** ou des **fours à arc-résistance submergé à courant continu**, les opérations d'examen du niveau de gel des électrodes, d'ajout d'électrodes ou de soudure des enveloppes des électrodes, sont autorisées en fonctionnement continu sur les **parties actives**, à condition de satisfaire à tous les points suivants:

- la tension assignée de l'installation ne dépasse pas 3 600 V en courant alternatif ou 5 000 V en courant continu;
- il convient de tenir compte des **courants de contact** maximaux admissibles (voir Annexe BB);
- **isolation** redondante entre la structure de support de la plateforme de travail des électrodes et la terre (structure en acier);
- plateforme de travail en bois;
- **isolation** redondante du pont roulant des électrodes par rapport à la terre;
- séparation de la plateforme de travail de la terre;
- les barrières de séparation doivent dépasser les électrodes actives d'au moins 300 mm;
- seul le personnel formé est en mesure d'accéder à la plateforme de travail;
- des échelles en matériau non conducteur doivent être utilisées;
- les outils (par exemple, machine à souder, machine à rectifier) doivent être isolés de la terre;
- des panneaux d'information doivent être installés conformément à l'Annexe G.

7.3.103 L'accès aux parties conductrices du **four à arc**, y compris au système de l'électrode de fond d'un **four à arc électrique à courant continu** et d'un **four à arc-résistance submergé à courant continu**, doit être autorisé uniquement au **personnel qualifié et formé**.

7.3.104 Aucun remplacement ni glissement des électrodes, ni travail concernant les accessoires des électrodes, ne doit être effectué tant que les mesures de protection décrites en 13.4.1 ne sont pas assurées. Cette règle s'applique également au raboutage automatique des électrodes.

7.3.105 Une divergence par rapport aux exigences du 7.3.104 est admise si la sécurité du personnel est pleinement assurée par d'autres moyens appropriés (par exemple, **isolation** de l'emplacement de travail des **opérateurs**, distance de sécurité, emploi d'outils isolés et contacts avec une seule électrode).

7.3.106 Les outils, les lances (à oxygène, de température du bain) et les autres pièces métalliques à utiliser avec le **four à arc** en fonctionnement doivent être efficacement mis à la terre. Leurs parties métalliques accessibles doivent être isolées ou utilisées uniquement par du personnel isolé de la terre (par exemple, qui se trouve sur une plateforme isolée pour les **SAF**). Lorsque cela est possible, la longueur des pièces, y compris les bras des chariots pour le chargement des matériaux, ne doit pas permettre d'arriver à la zone des électrodes. Sinon, une procédure d'exploitation rigoureuse doit être définie dans le manuel de fonctionnement par le **fabricant** (c'est-à-dire que les électrodes sont relevées et maintenues en position pendant les opérations). Dans le cas d'une lance automatique, elle doit être convenablement mise à la terre et inclinée de façon à se plonger dans le métal à bonne distance des électrodes.

7.4 Protection principale

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

7.5 Dispositions relatives à la protection en condition de premier défaut électrique

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

7.6 Liaison équipotentielle de protection

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes.

Remplacement:

7.6.2 Toutes les parties métalliques accessibles sur un équipement de traitement qui sont susceptibles d'être mises sous tension accidentellement en cas de défaut de l'**isolation** doivent être reliées électriquement, par le conducteur de faible impédance et de façon aussi sûre et aussi solide que nécessaire, à la liaison équipotentielle de protection.

Toute pièce structurelle de l'installation ou de l'équipement électrique peut être utilisée dans le circuit de liaison de protection, si un système de surveillance des défauts à la terre est installé.

7.6.6 Toutes les parties de la liaison équipotentielle de protection doivent être dimensionnées de façon aussi sûre et aussi solide que nécessaire.

7.6.7 Toutes les parties de la liaison équipotentielle de protection doivent être capables de résister à toutes les influences internes et externes (y compris mécaniques, thermiques et corrosives).

S'il est nécessaire de vérifier régulièrement ou d'entretenir certaines parties, le **fabricant** doit l'indiquer dans les informations pour l'utilisation.

Les connexions conductrices mobiles, par exemple les charnières et les glissières, ne doivent pas être considérées comme des parties d'un système de liaison équipotentielle de protection, sauf si la conformité aux exigences du 7.6 est maintenue.

Lorsqu'un composant d'une installation ou d'un équipement est destiné à être enlevé, la liaison équipotentielle de protection de toute autre partie de l'installation ou de l'équipement ne doit pas être interrompue lors du retrait du composant, sauf si l'alimentation électrique de l'autre partie est déconnectée en premier lieu.

Aucun élément de la liaison équipotentielle de protection ne doit contenir de dispositif raisonnablement susceptible de rompre la continuité électrique ou d'introduire une impédance significative, à l'exception des composants destinés à être enlevés. Cette exigence peut être omise de façon temporaire uniquement, pour la vérification de la continuité des conducteurs de protection ou pour le mesurage du courant dans le conducteur de protection (voir Article 18).

Addition:

7.6.101 Dans certaines applications de fours, les réseaux IT sont également applicables. Les mesures mentionnées ci-dessus en 7.6 doivent être adoptées en conséquence.

7.7 Dispositions supplémentaires pour la protection contre les défauts à des fréquences supérieures à 200 Hz

Le paragraphe de la Partie 1 n'est pas applicable.

7.8 Courants dans les conducteurs de protection

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

7.9 Courant de contact et tension de contact effective

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec le remplacement suivant.

Remplacement:

7.9.1 Les **courants de contact** qui provoquent des dommages doivent être évités. Aucune partie ou surface qui peut provoquer des dommages au contact ne doit être accessible. L'Annexe BB indique les limites des **courants de contact** et des **tensions de contact**.

7.10 Conducteurs et isolations à haute température

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

7.11 Défauts non électriques

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

8 Protection contre les dangers dus aux champs électriques ou magnétiques

8.1 Généralités

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

8.2 Champs magnétiques

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

8.2.101 Des mesures doivent être prises pour éviter l'influence de champs magnétiques élevés sur le **fonctionnement normal** de certains appareils électriques, par exemple les unités de commande, les valves électromagnétiques et les capteurs; en outre, la magnétisation de certaines parties en fer doit être empêchée.

8.3 Champs magnétiques inférieurs à 1 Hz

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

8.4 Champs électriques locaux

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

8.5 Exigences relatives aux barrières et écrans

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

8.6 Exigences relatives aux objets portés, transportés ou tenus par des personnes

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

9 Protection contre les dangers dus aux rayonnements

9.1 Généralités

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

9.2 Installation ou équipement générant des rayonnements ionisants

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

9.2.3.101 Les **EAF** et les **SAF** ne créent pas de rayonnements ionisants. La charge peut rarement contenir des matières radioactives. Auquel cas, des mesures appropriées doivent être prises pour protéger les personnes et l'environnement.

9.3 Rayonnements ultraviolets

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

9.3.2.101 Les **EAF** et les **SAF** créent des rayonnements ultraviolets dans les arcs. Les mesures peuvent comprendre des **écrans**, des **barrières**, des portes fermées, des **fenêtres** filtrées et des marquages d'avertissement. Le **fabricant** doit indiquer à l'**utilisateur**, dans les informations pour l'utilisation, la nécessité d'un équipement de protection individuelle lorsqu'une **exposition** dangereuse peut se produire.

9.4 Rayonnements visibles et infrarouges

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

9.4.101 Les **EAF** et les **SAF** créent des rayonnements visibles et infrarouges avant, pendant et après le traitement. Les contre-mesures peuvent inclure des **écrans**, des **barrières**, des portes fermées, des **fenêtres** filtrées et des marquages d'avertissement. Le **fabricant** doit indiquer à l'**utilisateur**, dans les informations pour l'utilisation, la nécessité d'un équipement de protection individuelle lorsqu'une **exposition** dangereuse peut se produire.

9.5 Sources laser

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

10 Protection contre les dangers dus aux influences thermiques

10.1 Généralités

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec la modification suivante.

Remplacement:

10.1.2 Les installations ou équipements de **fours à arc** doivent être conçus, installés et exploités de manière à ce qu'aucun danger lié à l'énergie thermique ou à la température élevée ne soit susceptible de se produire pour l'**opérateur** ou l'environnement. Les installations ou équipements de **fours à arc** doivent être exploités conformément à l'**utilisation normale**.

10.1.4 En cas de **condition de premier défaut**, l'**opérateur** doit décider si le four peut fonctionner jusqu'au prochain arrêt ou s'il doit être arrêté et réparé immédiatement.

10.2 Limites de température de surface pour la protection contre les brûlures

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

10.3 Dangers causés par les conditions de travail

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

10.4 Résistance thermique des composants

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec la modification suivante.

Remplacement:

10.4.1 Toutes les pièces structurelles et **enceintes** doivent être constituées ou protégées par un matériau de résistance thermique suffisante pour toutes les températures qu'elles peuvent atteindre en **fonctionnement normal**.

Les pièces structurelles et les **enceintes** doivent être construites de manière adéquate pour permettre au personnel de s'échapper en toute sécurité en cas de conditions de défaut potentiellement mortelles (par exemple, écoulement inattendu de matières liquides, effondrement de briques de la voûte, etc.).

10.4.3 Toute l'**isolation** doit être constituée de matériaux de résistance thermique suffisante pour toutes les températures auxquelles elle est exposée en **fonctionnement normal**.

10.4.4 Les distances d'isolement entre les parties conductrices doivent être suffisantes pour les températures attendues en **fonctionnement normal**.

10.4.5 Les lignes de fuite entre les parties conductrices doivent être établies pour inclure toute augmentation de la conductivité des matériaux isolants utilisés due aux températures attendues en **fonctionnement normal**.

10.4.9 Voir l'ISO 13578:2017, 6.1.22 Températures de surface et rayonnements thermiques.

10.5 Refroidissement

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec la modification suivante.

Remplacement:

10.5.1 Lorsque les composants exigent un refroidissement forcé et que l'absence de refroidissement peut entraîner un danger, des dispositions doivent être prises pour surveiller l'action de refroidissement. Si le refroidissement devient insuffisant, une alarme doit être déclenchée; si nécessaire, l'équipement doit être mis en état de sécurité en fonction du type de four.

NOTE L'EN 14677 et l'EN 14681 s'appliquent dans l'Union européenne.

10.6 Protection contre la surchauffe

Le paragraphe de la Partie 1 n'est pas applicable et est remplacé par le texte suivant:

Remplacement:

Aucun circuit de contrôle de la température de la charge des fours EAF et SAF n'est utilisé. La température doit être mesurée de façon discontinue par des lances de mesure, des dispositifs laser ou des dispositifs analogues.

Dans certains cas, la température de la charge peut également être calculée par des modèles informatiques.

NOTE L'EN 14677 et l'EN 14681 s'appliquent dans l'Union européenne.

11 Protection contre les dangers d'incendie

L'article de la Partie 1 est applicable.

12 Protection contre les dangers dus aux fluides

L'article de la Partie 1 n'est pas applicable et est remplacé par le texte suivant:

La protection contre les dangers dus aux fluides doit être conforme à l'ISO 13577-1:2016 et l'ISO 13578:2017.

13 Exigences spécifiques pour les composants et sous-ensembles

13.1 Généralités

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

13.2 Equipement électrique et conducteurs

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec la modification suivante.

Remplacement:

13.2.1 L'**équipement électrique** de l'installation doit satisfaire aux exigences de sécurité et au dimensionnement identifiés par le **fabricant**.

En fonction de l'installation, de son **utilisation normale** et de son **équipement électrique**, le concepteur peut sélectionner les parties de l'**équipement électrique** de l'installation qui sont destinées à la BT conformément aux parties applicables de la série IEC 61439 et à la HT conformément aux parties applicables de la série IEC 62271 ou à l'IEC 61936-1 (voir également Annexe D de l'IEC 60204-1:2016).

NOTE La série IEC 61439 spécifie les exigences pour les équipements qui couvrent une vaste gamme d'applications possibles d'assemblages d'appareillages de commutation et de commande BT. La série IEC 62271 spécifie les exigences pour les équipements qui couvrent une vaste gamme d'applications possibles d'assemblages d'appareillages de commutation et de commande HT.

Addition:

13.2.101 Les lignes à haute intensité pour les **EAF DC** et les **SAF DC** doivent être disposées de façon raisonnable pour réduire la déviation de l'arc, qui peut avoir un impact sur le fonctionnement en toute sécurité du four.

13.2.2 Le paragraphe de la Partie 1 est supprimé.

13.3 Raccordement au réseau électrique et raccordements internes

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

13.4 Sectionnement et coupure

13.4.1 Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

13.4.101 Le système doit être mis hors tension et mis à la terre, comme cela est indiqué à l'Annexe AA, avant que ne soit autorisé l'accès à la voûte d'un **four à arc** ou le travail à proximité des électrodes, y compris les électrodes de fond d'un **four à arc électrique à courant continu** ou d'un **four à arc-résistance submergé à courant continu**. Des moyens qui interdisent toute connexion imprévue au système doivent être fournis. Un examen visuel du disjoncteur ou du sectionneur ouvert est nécessaire, par exemple par le biais d'une télévision en circuit fermé (CCTV, *Closed Circuit Television*). Tout matériel sous tension à proximité doit être protégé efficacement (pour les exceptions, voir 7.3.102).

A l'état "**four hors tension**", toutes les tâches définies dans le cadre des processus ou opérations des **EAF/LF** ou **SAF** peuvent être effectuées, tant que les mesures de sécurité sont prises en compte.

A l'état "**four sous tension**", certaines tâches définies dans le cadre des processus ou opérations des **EAF/LF** ou **SAF** peuvent être effectuées, tant que les mesures de sécurité sont prises en compte.

Conformément à l'IEC 61936-1, des moyens de protection du personnel qui travaille sur les installations électriques doivent être valides.

13.4.102 Les processus normaux ou les opérations normales de préchauffage des matériaux dans les **EAF AC**, **EAF DC**, **LF** ou **EAF** à l'état "disjoncteur sous tension" avec sectionneur fermé et connecteur de terre ouvert (voir Annexe AA) sont par exemple:

- la production normale du four;
- le mesurage de la température et l'échantillonnage par un robot;
- le décrassage;
- le chargement de matériaux d'alliage, de carbone de chaux, de FRD, de HBI par alimentation continue (voûte fermée);
- le chargement de métal chaud par le chenal de coulée à travers la porte de laitier ou un trou supplémentaire dans la paroi latérale;
- le chargement des matériaux dans les installations de préchauffage;
- la séquence de piquage avec système de piquage par siphon jusqu'à 4°;
- le remplissage du trou de coulée, si effectué par le système de remplissage automatique de sable;
- l'accès à la salle des transformateurs, dans des cas particuliers uniquement (par exemple, mesurage de la température des points chauds des câbles souples du transformateur, situés du côté primaire et du côté secondaire du transformateur, à la mise sous tension du four).

Les opérations susmentionnées sont courantes dans la plupart des installations de préchauffage des EAF AC, EAF DC, LF ou EAF. Les applications de fours peuvent être conçues différemment, et les dangers doivent être analysés pendant l'appréciation du risque (voir Article 5).

13.4.103 Les processus normaux ou les opérations normales de préchauffage des matériaux dans les **EAF AC**, **EAF DC**, **LF** ou **EAF** à l'état "disjoncteur hors tension" avec sectionneur fermé et connecteur de terre ouvert (voir Annexe AA) sont par exemple:

- l'arrêt du four;
- les processus ou opérations mentionnés en 13.4.102, sauf la production normale du four, le mesurage manuel de la température et l'échantillonnage par l'**opérateur**;
- la séquence de piquage avec système à OBT, à EBT ou à bec;
- le remplissage du trou de coulée, si effectué manuellement par l'**opérateur**;

- le chargement de déchets;
- le chargement de HBI et de fonte brute par le pont roulant dans le four (voûte ouverte);
- le chargement de métal chaud par la poche dans le four (voûte ouverte);
- l'entretien réfractaire du tunnel de la porte de laitier.

13.4.104 Les processus normaux ou les opérations normales de préchauffage des matériaux dans les **EAF AC**, **EAF DC**, **LF** ou **EAF** à l'état "disjoncteur hors tension" avec sectionneur ouvert et connecteur de terre fermé (voir Annexe AA) sont par exemple:

- l'arrêt du four;
- les processus ou opérations mentionnés en 13.4.103;
- le glissement et le remplacement des électrodes;
- l'entretien:
 - du trou de coulée (échange);
 - de la voûte;
 - des panneaux;
 - de la cuve;
 - des bras d'électrode;
 - du système à haute intensité;
 - du transformateur de four;
 - du refroidissement par pulvérisation des électrodes;
 - des installations de préchauffage (par exemple, cuve et doigts);
 - du redresseur (**EAF DC**).
- l'entretien réfractaire.

13.4.105 Les processus normaux ou les opérations normales des **SAF AC** ou **SAF DC** à l'état "disjoncteur sous tension" avec sectionneur fermé et connecteur de terre ouvert (voir Annexe AA) sont par exemple:

- la production normale du four;
- le chargement des matériaux;
- le glissement des électrodes;
- l'ajout d'électrodes;
- l'attisement des matériaux;
- le piquage de la production;
- le piquage du laitier;
- le mesurage de la température;
- le mesurage du niveau du bain;
- l'accès à la salle de transformateurs.

Les opérations susmentionnées sont courantes dans la plupart des SAF. L'application de four peut être conçue différemment, et les dangers doivent être analysés pendant l'appréciation du risque (voir Article 5).

13.4.106 Les processus normaux ou les opérations normales des **SAF AC** ou **SAF DC** à l'état "disjoncteur hors tension" avec sectionneur fermé et connecteur de terre ouvert (voir Annexe AA) sont par exemple:

- l'arrêt du four;
- les processus ou opérations mentionnés en 13.4.105, sauf la production normale du four;

- les activités d'entretien sans accès aux zones de sécurité qui présentent des dangers de choc électrique.

13.4.107 Les processus normaux ou les opérations normales des **SAF AC** ou **SAF DC** à l'état "disjoncteur hors tension" avec sectionneur ouvert et connecteur de terre fermé (voir Annexe AA) sont par exemple:

- l'**arrêt du four**;
- les processus ou opérations mentionnés en 13.4.106;
- l'accès aux zones de sécurité qui présentent des dangers de choc électrique ou de champs magnétiques;
- l'entretien:
 - des colonnes d'électrodes;
 - des systèmes et des câbles à haute intensité;
 - des transformateurs, du redresseur, du convertisseur de courant, du réacteur;
 - de la voûte du four.
- l'entretien réfractaire.

13.4.108 Le disjoncteur qui relie l'installation électrothermique au réseau d'alimentation doit être capable de couper en toute sécurité tous les courants qui peuvent se présenter, y compris les courants de défaut. Lorsque l'installation comporte deux interrupteurs en parallèle, ils doivent être capables de supporter et de couper en toute sécurité le courant assigné qui peut se présenter. Lorsque l'installation comporte deux interrupteurs en série ou en parallèle, chacun d'eux doit être capable de supporter et de couper en toute sécurité le courant de court-circuit qui peut se présenter.

13.4.2 et **13.4.3** Les paragraphes de la Partie 1 sont applicables.

13.5 Pièces mobiles de protection des capteurs et organes de commande

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

13.6 Moteurs

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

13.7 Moyens de chauffage non électriques

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

13.8 Eclairage

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

13.8.101 Si les parties internes de l'installation de **four à arc** exigent un examen régulier, elles doivent être équipées d'un éclairage approprié à la structure et à la nature du traitement, ou l'**utilisateur** doit être avisé d'installer un éclairage approprié.

13.9 Pièces structurelles et stabilité

Le paragraphe de la Partie 1 n'est pas applicable et est remplacé par le texte suivant.

Remplacement:

Les pièces structurelles et la stabilité des installations de **fours à arc** doivent être conformes au 6.1.1 de l'ISO 13578:2017 et au 4.1.2.1 de l'ISO 13577-1:2016.

13.10 Portes, fenêtres et autres ouvertures

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

13.10.101 L'ISO 13578:2017 est applicable.

13.11 Transformateurs, inducteurs, condensateurs

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

NOTE Plus d'informations sont fournies, par exemple, dans les normes IEC suivantes: IEC 60076 (toutes les parties), IEC 61378 (toutes les parties), IEC 60146-1-1, IEC 60871-1, IEC 62477-2.

13.12 Appareils portatifs

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

13.13 Système à vide

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

13.14 Générateur de gaz de protection et de gaz réactifs

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

14 Commande de l'installation ou de l'équipement**14.1 Généralités**

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

14.2 Unité de commande de l'opérateur

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes:

Remplacements:

14.2.2 Toute unité de commande de l'**opérateur** ou le système de commande

- a) Les panneaux de commande locaux doivent être positionnés de façon à permettre à l'**opérateur** d'avoir une bonne vue d'ensemble de l'équipement commandé.
- b) Le système de commande doit assurer que le démarrage du four ou du traitement n'est admis que si tous les dispositifs de sécurité installés sont actifs et réinitialisés.
- c) Le système de commande doit fournir un avertissement sonore, visuel ou une combinaison des deux pour avertir du démarrage avant la mise en mouvement des parties dangereuses (par exemple, pivotement de la voûte, transbordeurs autonomes) qui ne sont pas couvertes ni clôturées.

NOTE 1 L'EN 14681 s'applique dans l'Union européenne.

Les personnes qui se trouvent dans une zone de danger ou potentiellement exposées à un danger d'une autre manière doivent avoir suffisamment de temps pour quitter la zone de danger ou empêcher le démarrage.

NOTE 2 Dans les installations de **fours à arc**, il est possible que l'**opérateur** ne puisse pas voir toutes les zones de danger.

14.3 Arrêt d'urgence

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

14.3.101 L'emplacement et la fonction des boutons d'arrêt d'urgence individuels doivent être définis conformément aux exigences de l'analyse de sécurité, par exemple dans une **matrice d'arrêt d'urgence**.

14.4 Systèmes de commande et leurs fonctions

Le paragraphe de la Partie 1 n'est pas applicable et est remplacé par le texte suivant:

Pour les systèmes de commande et leurs fonctions, l'IEC 60204-1:2016 s'applique.

14.5 Appareillage de commande

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

14.6 Dispositifs de protection

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Additions:

14.6.101 Des **dispositifs de protection** appropriés contre les surintensités des installations électrothermiques (voir Annexe AA) doivent être fournis conformément à l'IEC 60204-11 dans le cas des installations à haute tension ou à l'IEC 60364-4-43 et l'IEC 60204-1 dans le cas des installations à basse tension.

14.7 Dispositifs et systèmes de protection contre la surchauffe

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Additions:

14.7.101 Le nombre, le type et l'emplacement des dispositifs de protection contre la surchauffe doivent être définis dans l'appréciation du risque (voir Article 5).

14.8 Dispositif de sécurité contre la surpression

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

14.8.101 Le nombre, le type et l'emplacement des dispositifs de protection contre la surchauffe doivent être définis dans l'appréciation du risque (voir Article 5).

15 Protection contre les dangers mécaniques

L'article de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

15.101 En ce qui concerne les dangers mécaniques des **fours à arc** électriques, le 4.2 de l'ISO 13577-1:2016 et de l'ISO 13578:2017 est applicable.

16 Protection contre les dangers dus à l'utilisation

16.1 Dangers particuliers dans le traitement des denrées alimentaires, de l'alimentation animale, des cosmétiques et autres produits similaires destinés à la consommation humaine ou animale

Le paragraphe de la Partie 1 n'est pas applicable.

16.2 Equipement combiné

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

17 CEM

17.1 Brouillage radioélectrique

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

17.2 Immunité

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

18 Vérification et essais

18.1 Généralités

Le paragraphe de la Partie 1 n'est pas applicable et est remplacé par le texte suivant:

Remplacement:

La conformité de l'installation ou de l'équipement de **four à arc** aux exigences de sécurité applicables du présent document, y compris les mesures de protection, doit être vérifiée par l'une des méthodes suivantes ou une combinaison de celles-ci:

- a) examen des plans ou calculs;
- b) examen visuel;
- c) mesurage;
- d) **essai fonctionnel**;
- e) modélisation numérique.

Le Tableau 1 répertorie les méthodes de vérification recommandées concernant les exigences spécifiques du présent document. La méthode appliquée et les résultats de la vérification doivent être documentés.

Tableau 1 – Méthodes de vérification des exigences

Article/ Paragraphe	Exigence ou mesure concernant	Vérification effectuée par				
		examen	examen visuel	mesurage	essai fonctionnel	modélisation numérique
		18.4	18.5	18.6	18.7	18.8
6.4	Environnement physique et conditions d'exploitation de l'équipement électrique engendrés par l'exploitation de l'équipement de traitement	✓	✓	(✓)		
6.5	Alimentation électrique	✓	✓	(✓)	(✓)	
6.6	Accès	✓	✓		(✓)	
6.7	Aspects ergonomiques	✓	✓			
6.8	Transport et stockage	✓	✓			
6.9	Dispositions en vue de la manutention	✓	✓			
6.10	Consommables et pièces remplaçables		✓			
7	Protection contre les dangers dus à un choc électrique	voir l'ISO 14120:2015				
7.3	Dispositions générales	✓	✓			
7.4	Protection principale	✓	✓			
7.5	Dispositions relatives à la protection en condition de premier défaut électrique	✓	✓			
7.6	Liaison équipotentielle de protection	✓	✓	(✓)		
7.7	Dispositions supplémentaires pour la protection contre les défauts à des fréquences supérieures à 200 Hz	Non applicable				
7.8	Courants dans les conducteurs de protection	✓	✓	(✓)		
7.9	Courant de contact et tension de contact effective	✓	✓	(✓)		
7.10	Conducteurs et isolations à haute température	✓	✓			
7.11	Défauts non électriques	✓	✓			
8.2	Champs magnétiques	✓	✓	(✓)		
8.3	Champs magnétiques inférieurs à 1 Hz	✓	✓	(✓)		
8.4	Champs électriques locaux	Non applicable				
8.5	Exigences relatives aux barrières et écrans	✓	✓			
8.6	Exigences relatives aux objets portés, transportés ou tenus par des personnes	✓	✓			
9.2	Installation ou équipement générant des rayonnements ionisants	(✓)	(✓)	(✓)		
9.3	Rayonnements ultraviolets	✓	✓	(✓)		
9.4	Rayonnements visibles et infrarouges	✓	✓	(✓)		
9.5	Sources laser	voir l'IEC 60825-1:2014				
10.2	Limites de température de surface pour la protection contre les brûlures	✓	✓	(✓)		
10.3	Dangers causés par les conditions de travail		✓			
10.4	Résistance thermique des composants	✓	✓			
10.5	Refroidissement	✓	✓	✓	(✓)	
10.6	Protection contre la surchauffe	✓	✓			
11	Protection contre les dangers d'incendie	✓	✓			

Article/ Paragraphe	Exigence ou mesure concernant	Vérification effectuée par				
		examen	examen visuel	mesurage	essai fonctionnel	modélisation numérique
		18.4	18.5	18.6	18.7	18.8
12	Protection contre les dangers dus aux fluides	voir l'ISO 13577-1:2016 et l'ISO 13578:2017				
13.2	Équipement électrique et conducteurs	✓	✓	(✓)	(✓)	
13.3	Raccordement au réseau électrique et raccordements internes	✓	✓		✓	
13.4	Sectionnement et coupure	✓	✓		✓	
13.5	Pièces mobiles de protection des capteurs et organes de commande	✓	✓	✓	✓	
13.6	Moteurs	✓	✓		✓	
13.7	Moyens de chauffage non électriques	voir l'ISO 13577-2:2014				
13.8	Eclairage	✓	✓	(✓)	(✓)	
13.9	Pièces structurelles et stabilité	voir l'ISO 13578:2017, 6.1.1, et l'ISO 13577-1:2016, 4.1.2.1				
13.10	Portes, fenêtres et autres ouvertures	✓	✓			
13.11	Transformateurs, inducteurs, condensateurs	✓	✓			
13.12	Applicateurs portatifs	✓	✓		✓	
13.13	Système à vide	✓	✓			
13.14	Générateur de gaz de protection et de gaz réactifs	voir l'ISO 13577-3:2016				
14	Commande de l'installation ou de l'équipement	✓	✓		✓	
15	Protection contre les dangers mécaniques	voir l'ISO 13578:2017 et l'ISO 13577-1:2016				
16.1	Dangers particuliers dans le traitement des denrées alimentaires, de l'alimentation animale, des cosmétiques et autres produits similaires destinés à la consommation humaine ou animale	Non applicable				
16.2	Équipement combiné	✓		✓		
17	CEM			✓	✓	
19	Informations pour l'utilisation	✓				
NOTE ✓ action obligatoire, (✓) action non obligatoire/selon les exigences de l'analyse de sécurité.						

18.2 Exécution des mesurages et des essais

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

18.2.101 Des informations supplémentaires pour l'exécution des mesurages et des essais sont données dans l'IEC 60676 pour les **fours à arc** direct et dans l'IEC 60683 pour les fours à arc submergé (SAF).

18.3 Vérification des exigences issues de références

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

18.4 Examen des plans ou calculs

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

18.5 Examen visuel

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

18.6 Mesurages

18.6.1 Conditions d'environnement et de fonctionnement à l'intérieur de l'équipement de traitement

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

18.6.2 Impédance de la liaison de protection

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable.

18.6.3 Mesurage de la résistance d'isolement

Le paragraphe de la Partie 1 n'est pas applicable et est remplacé par le texte suivant:

Remplacements:

18.6.3.1 La présente partie de l'IEC 60519 spécifie le mesurage de la résistance d'**isolement** pour les EAF, LF et SAF de tension secondaire nominale jusqu'à 3 600 V en courant alternatif (à la fréquence du réseau) ou 5 000 V en courant continu (à fréquence nulle).

Des mesurages de l'**isolation** sont exigés pour la protection des hommes et des machines.

Les mesurages des résistances d'**isolement** sont effectués à différents moments et sur différents cycles de vie, entre les composants individuels et sous la forme de mesures de l'**isolation** à la terre. Les enregistrements des points de mesure montrent si les résistances d'**isolement** varient du fait de dommages ou de souillures pendant le fonctionnement de l'équipement.

18.6.3.2 L'appareil de mesure utilisé pour le mesurage de la résistance d'**isolement** doit satisfaire aux exigences minimales suivantes:

- plage de tensions d'essai de 500 V, 1 000 V, 2 500 V ou 5 000 V, selon la tension nominale de l'équipement.

18.6.3.3 Les mesurages de la résistance de l'**isolation** électrique doivent être effectués aux moments/événements suivants:

- au cours de plusieurs étapes de mise en œuvre;
- avant la mise en service à chaud;
- lors des arrêts pour l'entretien courant.

Avant et pendant l'exécution des mesurages, les points suivants doivent être pris en compte:

- les instructions de sécurité qui figurent dans les manuels d'exploitation et de maintenance doivent être strictement respectées à tout moment;

- l'exécution des mesurages est admise uniquement et exclusivement lorsque l'équipement est à l'état d'**arrêt du four** (voir la configuration mise en œuvre à l'Annexe AA);
- les résultats des mesures peuvent être influencés par les transformateurs ou les raccordements à l'eau de refroidissement. Voir également 18.6.3.6.

18.6.3.4 Les mesurages de la résistance d'**isolement** doivent être effectués entre deux points prédéfinis. Il convient que le fabricant indique les points de mesure dans les informations pour l'utilisation. L'identification des points de mesure sur un schéma et dans un tableau par numéro d'identification doit être utile.

18.6.3.5 La tension d'essai doit être choisie conformément au Tableau 101, sur la base de la tension secondaire maximale du transformateur.

Tableau 101 – Tensions d'essai pour le mesurage de l'isolation

Tension secondaire assignée du transformateur de four à arc [V]	Tension d'essai [V]
SAF uniquement: inférieure à 500	500
jusqu'à 1 000	1 000
de 1 000 à 2 500	2 500
supérieure à 2 500	5 000

18.6.3.6 Pour les installations de fours EAF et LF qui ont des **parties actives** refroidies par eau, les mesurages doivent être effectués en plusieurs étapes, en fonction de la progression de l'installation (voir Tableau 102).

Tableau 102 – Progression de l'installation des EAF et LF

Progression séquentielle de l'installation	Résistance minimale
Un jeu de barres à haute intensité est installé sans aucune autre connexion.	Entre phases: 1 000 Ω / V Entre phase et terre: 1 000 Ω / V
Des bras d'électrode sont montés sur le tabouret sans autre connexion.	Entre phase et terre: 1 000 Ω / V
Des câbles à haute intensité sont reliés au jeu de barres à haute intensité et aux bras d'électrode. Les canalisations d'eau de refroidissement et les tuyaux hydrauliques ne sont pas reliés aux bras d'électrode.	Entre phase et terre: 1 000 Ω / V
Le jeu de barres à haute intensité est relié aux broches secondaires du transformateur. Des câbles à haute intensité sont reliés au jeu de barres à haute intensité et aux bras d'électrode.	Entre phases: 1 000 Ω / V Entre phase et terre: 1 000 Ω / V
Les canalisations d'eau de refroidissement et les tuyaux hydrauliques sont reliés à l'alimentation et aux bras d'électrode. L'eau de refroidissement ne se trouve pas dans les lignes de mesure.	Entre phases: $\approx 600 \Omega^a$ Entre phase et terre: $\approx 600 \Omega^a$
L'eau de refroidissement, conformément à la spécification du fabricant, se trouve dans les lignes de mesure.	Entre phase et terre: $\approx 300 \Omega^a$
^a Exception: Pour certaines parties du circuit conducteur à haute intensité, une valeur minimale inférieure de la résistance d' isolement est admise, en accord avec le fabricant .	

Noter que la combinaison RC et toute mesure de tension secondaire du côté secondaire du transformateur doivent être déconnectées avant le début des mesurages.

18.6.3.7 Pour une installation de four SAF qui a des **parties actives** refroidies par eau, le mesurage doit être effectué sans raccordement au système de refroidissement par eau. Lors des mesurages, les canalisations d'eau de refroidissement susceptibles de constituer un chemin électrique doivent être déconnectées de l'équipement.