

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications –
Part 2: Lithium systems**

**Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide –
Exigences de sécurité pour les accumulateurs portables étanches, et pour les batteries qui en sont constituées, destinés à l'utilisation dans des applications portables –
Partie 2: Systèmes au lithium**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 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
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications –
Part 2: Lithium systems**

**Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide –
Exigences de sécurité pour les accumulateurs portables étanches, et pour les batteries qui en sont constituées, destinés à l'utilisation dans des applications portables –
Partie 2: Systèmes au lithium**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.220.30

ISBN 978-2-8322-3910-0

**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.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Parameter measurement tolerances	10
5 General safety considerations	10
5.1 General.....	10
5.2 Insulation and wiring	11
5.3 Venting	11
5.4 Temperature, voltage and current management	11
5.5 Terminal contacts	11
5.6 Assembly of cells into batteries	12
5.6.1 General	12
5.6.2 Design recommendation	12
5.6.3 Mechanical protection for cells and components of batteries.....	13
5.7 Quality plan	13
5.8 Battery safety components.....	13
6 Type test and sample size	13
7 Specific requirements and tests	14
7.1 Charging procedures for test purposes	14
7.1.1 First procedure	14
7.1.2 Second procedure	14
7.2 Intended use	15
7.2.1 Continuous charging at constant voltage (cells)	15
7.2.2 Case stress at high ambient temperature (battery).....	15
7.3 Reasonably foreseeable misuse.....	15
7.3.1 External short-circuit (cell).....	15
7.3.2 External short-circuit (battery).....	16
7.3.3 Free fall.....	16
7.3.4 Thermal abuse (cells)	16
7.3.5 Crush (cells)	17
7.3.6 Over-charging of battery	17
7.3.7 Forced discharge (cells)	17
7.3.8 Mechanical tests (batteries).....	18
7.3.9 Design evaluation – Forced internal short-circuit (cells)	19
8 Information for safety.....	21
8.1 General.....	21
8.2 Small cell and battery safety information	22
9 Marking	22
9.1 Cell marking.....	22
9.2 Battery marking.....	23
9.3 Caution for ingestion of small cells and batteries	23
9.4 Other information	23
10 Packaging and transport.....	23
Annex A (normative) Charging and discharging range of secondary lithium ion cells for safe use.....	24

A.1	General.....	24
A.2	Safety of lithium ion secondary battery.....	24
A.3	Consideration on charging voltage	24
A.3.1	General	24
A.3.2	Upper limit charging voltage	24
A.4	Consideration of temperature and charging current.....	26
A.4.1	General	26
A.4.2	Recommended temperature range	26
A.4.3	High temperature range	27
A.4.4	Low temperature range	28
A.4.5	Scope of the application of charging current	29
A.4.6	Consideration of discharge	29
A.5	Sample preparation.....	30
A.5.1	General	30
A.5.2	Insertion procedure for nickel particle to generate internal short	30
A.5.3	Disassembly of charged cell	31
A.5.4	Shape of nickel particle	31
A.5.5	Insertion of nickel particle in cylindrical cell	31
A.5.6	Insertion of nickel particle in prismatic cell.....	34
A.6	Experimental procedure of the forced internal short-circuit test	36
A.6.1	Material and tools for preparation of nickel particle	36
A.6.2	Example of a nickel particle preparation procedure	37
A.6.3	Positioning (or placement) of a nickel particle	37
A.6.4	Damaged separator precaution.....	38
A.6.5	Caution for rewinding separator and electrode	38
A.6.6	Insulation film for preventing short-circuit	39
A.6.7	Caution when disassembling a cell	39
A.6.8	Protective equipment for safety	39
A.6.9	Caution in the case of fire during disassembling	39
A.6.10	Caution for the disassembling process and pressing the electrode core.....	39
A.6.11	Recommended specifications for the pressing device	39
Annex B (informative)	Recommendations to equipment manufacturers and battery assemblers	42
Annex C (informative)	Recommendations to the end-users	43
Annex D (normative)	Measurement of the internal AC resistance for coin cells	44
D.1	General.....	44
D.2	Method	44
Annex E (informative)	Packaging and transport.....	45
Annex F (informative)	Component standards references	46
Bibliography.....		47
Figure 1 – Forced discharge time chart.....		18
Figure 2 – Jig for pressing		21
Figure 3 – Ingestion gauge		22
Figure A.1 – Representation of lithium ion cells operating region for charging.....		25
Figure A.2 – Representation of lithium ion cell operating region for discharging		30
Figure A.3 – Shape of nickel particle.....		31

Figure A.4 – Nickel particle insertion position between positive and negative active material coated area of cylindrical cell	31
Figure A.5 – Nickel particle insertion position between positive aluminium foil and negative active material coated area of cylindrical cell	32
Figure A.6 – Disassembly of cylindrical cell	33
Figure A.7 – Nickel particle insertion position between positive and negative (active material) coated area of prismatic cell.....	34
Figure A.8 – Nickel particle insertion position between positive aluminium foil and negative (active material) coated area of prismatic cell	35
Figure A.9 – Disassembly of prismatic cells	36
Figure A.10 – Dimensions of a completed nickel particle.....	37
Figure A.11 – Positioning of the nickel particle when it cannot be placed in the specified area	38
Figure A.12 – Cylindrical cell	38
Figure A.13 – Distance / time ratio of several types of pressing devices	41
Table 1 – Sample size for type tests	14
Table 2 – Condition of charging procedure.....	15
Table 3 – Conditions for vibration test.....	19
Table 4 – Shock parameters	19
Table 5 – Ambient temperature for cell test.....	20
Table A.1 – Examples of operating region charging parameters	25
Table A.2 – Recommended specifications of a pressing device.....	40
Table F.1 – Component standard references	46

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62133-2:2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SECONDARY CELLS AND BATTERIES CONTAINING
ALKALINE OR OTHER NON-ACID ELECTROLYTES –
SAFETY REQUIREMENTS FOR PORTABLE SEALED
SECONDARY CELLS, AND FOR BATTERIES MADE
FROM THEM, FOR USE IN PORTABLE APPLICATIONS –****Part 2: Lithium systems**

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.

International Standard IEC 62133-2 has been prepared by subcommittee 21A: Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes, of IEC technical committee 21: Secondary cells and batteries.

This first edition cancels and replaces the second edition of IEC 62133 published in 2012. It constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC 62133:2012:

- separation of nickel systems into a separate Part 1;
- inclusion of coin cell requirements;

- update of assembly of cells into batteries (5.6);
- mechanical tests [vibration, shock] (7.3.8.1, 7.3.8.2);
- insertion of IEC TR 62914 within the Bibliography.

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

FDIS	Report on voting
21A/620/FDIS	21A/628/RVD

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

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

The following different practices of a less permanent nature exist in the countries indicated below.

7.3.9: Design evaluation – Forced internal short-circuit test only applies to Korea, Japan, Switzerland and France.

A list of all parts of the IEC 62133 series, published under the general title *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications*, can be found on the IEC website.

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication 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.

SECONDARY CELLS AND BATTERIES CONTAINING ALKALINE OR OTHER NON-ACID ELECTROLYTES – SAFETY REQUIREMENTS FOR PORTABLE SEALED SECONDARY CELLS, AND FOR BATTERIES MADE FROM THEM, FOR USE IN PORTABLE APPLICATIONS –

Part 2: Lithium systems

1 Scope

This part of IEC 62133 specifies requirements and tests for the safe operation of portable sealed secondary lithium cells and batteries containing non-acid electrolyte, under intended use and reasonably foreseeable misuse.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-482:2004, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 482: Primary and secondary cells and batteries* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 61960, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Secondary lithium cells and batteries for portable applications*

ISO/IEC Guide 51, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-482, ISO/IEC Guide 51 and the following apply.

3.1

safety

freedom from unacceptable risk

3.2

risk

combination of the probability of occurrence of harm and the severity of that harm

3.3

harm

physical injury or damage to the health of people or damage to property or to the environment

3.4

hazard

potential source of harm

3.5

intended use

use of a product, process or service in accordance with specifications, instructions and information provided by the supplier

3.6

reasonably foreseeable misuse

use of a product, process or service in a way which is not intended by the supplier, but which may result from readily predictable human behaviour

3.7

secondary cell

basic manufactured unit providing a source of electrical energy by direct conversion of chemical energy, that consists of electrodes, separators, electrolyte, container and terminals, and that is designed to be charged electrically

3.8

secondary battery

assembly of secondary cell(s) which may include associated safety and control circuits and case, ready for use as a source of electrical energy characterized by its voltage, size, terminal arrangement, capacity and rate capability

Note 1 to entry: Includes single cell batteries.

3.9

leakage

unplanned, visible escape of liquid electrolyte

3.10

venting

release of excessive internal pressure from a cell or battery in a manner intended by design to preclude rupture or explosion

3.11

rupture

mechanical failure of a cell container or battery case induced by an internal or external cause, resulting in exposure or spillage but not ejection of materials

3.12

explosion

failure that occurs when a cell container or battery case opens violently and major components are forcibly expelled

3.13

fire

emission of flames from a cell or battery

3.14

portable battery

battery for use in a device or appliance which is conveniently hand-carried

3.15

portable cell

cell intended for assembly in a portable battery

3.16

lithium ion polymer cell

cell using gel polymer electrolyte or solid polymer electrolyte, not liquid electrolyte

3.17**rated capacity**

capacity value of a cell or battery determined under specified conditions and declared by the manufacturer

Note 1 to entry: The rated capacity is the quantity of electricity C_5 Ah (ampere-hours) declared by the manufacturer which a single cell can deliver when discharged at the reference test current of 0,2 I_t A to a specified final voltage, after charging, storing and discharging under specified conditions.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-15, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.18**reference test current** I_t

charge or discharge current expressed as a multiple of I_t A, where I_t A = C_5 Ah/1 h, as defined in IEC 61434, and based on the rated capacity (C_5 Ah) of the cell or battery

3.19**upper limit charging voltage**

highest charging voltage in the cell operating region, which is specified by the cell manufacturer

3.20**maximum charging current**

maximum charging current in the cell operating region, which is specified by the cell manufacturer

3.21**coin cell****button cell****coin battery**

small round cell or battery in which the overall height is less than the diameter

Note 1 to entry: In English, the term "coin cell" or "coin battery" is used for lithium batteries only while the term "button cell" or "button battery" is only used for non-lithium batteries. In languages other than English, the terms "coin" and "button" are often used interchangeably, regardless of the electrochemical system.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004 482-02-40, modified — The term "coin battery" has been added, and the NOTE "In practice terms, the term coin is used exclusively for non-aqueous lithium cells." has been replaced with Note 1 to entry.])

3.22**cylindrical cell**

cell with a cylindrical shape in which the overall height is equal to or greater than the diameter

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-39]

3.23**prismatic cell**

cell having the shape of a parallelepiped whose faces are rectangular

Note 1 to entry: Prismatic cells may be provided with either a rigid metal case or flexible laminate film case.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-38, modified – The source term is "prismatic" (adj.). In the definition, "qualifies a cell or a battery" has been replaced with "cell". Note 1 to entry has been added.]

3.24

cell block

parallel connection

arrangement of cells or batteries wherein all the positive terminals and all the negative terminals, respectively, are connected together

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-39, modified — The term "cell block" has been added.]

3.25

functional safety

part of the overall safety that depends on functional and physical units operating correctly in response to their inputs

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-57-06]

3.26

end-of-discharge voltage

final voltage

specified voltage of a battery at which the battery discharge is terminated

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-30, modified — The terms "cut-off voltage" and "end-point voltage" have been deleted.]

4 Parameter measurement tolerances

The overall accuracy of controlled or measured values, relative to the specified or actual parameters, shall be within these tolerances:

- a) $\pm 1 \%$ for voltage;
- b) $\pm 1 \%$ for current;
- c) $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ for temperature;
- d) $\pm 0,1 \%$ for time;
- e) $\pm 1 \%$ for dimension;
- f) $\pm 1 \%$ for capacity.

These tolerances comprise the combined accuracy of the measuring instruments, the measurement techniques used, and all other sources of error in the test procedure.

The details of the instrumentation used shall be provided in any report of results.

5 General safety considerations

5.1 General

The safety of secondary cells and batteries requires the consideration of two sets of applied conditions:

- 1) intended use;
- 2) reasonably foreseeable misuse.

Cells and batteries shall be so designed and constructed that they are safe under conditions of both intended use and reasonably foreseeable misuse. It is expected that cells or batteries subjected to misuse may fail to function following such experience. They shall not however

present significant hazards. It may also be expected that cells and batteries subjected to intended use shall not only be safe but shall continue to be functional in all respects.

Potential hazards which are the subject of this document are:

- fire,
- burst/explosion,
- leakage of cell electrolyte,
- venting,
- burns from excessively high external temperatures,
- rupture of battery case with exposure of internal components.

Conformity with 5.2 to 5.7 for cells and batteries other than coin cells, with an internal resistance greater than $3\ \Omega$, is checked by inspection, by the tests of Clauses 7, and in accordance with the appropriate standard (see Clause 2 and Table 1). The internal resistance is to be measured in accordance with Annex D.

5.2 Insulation and wiring

The insulation resistance between the positive terminal and externally exposed metal surfaces of the battery excluding electrical contact surfaces shall be not less than $5\ \text{M}\Omega$ at 500 V DC when measured 60 s after applying the voltage.

Internal wiring and insulation should be sufficient to withstand the maximum anticipated current, voltage and temperature requirements. The orientation of wiring should be such that adequate clearances and creepage distances are maintained between conductors. The mechanical integrity of internal connections should be sufficient to accommodate conditions of reasonably foreseeable misuse (i.e. solder alone is not considered a reliable means of connection.).

5.3 Venting

Battery cases and cells shall incorporate a pressure relief mechanism or shall be so constructed that they will relieve excessive internal pressure at a value and rate that will preclude rupture, explosion and self-ignition. If encapsulation is used to support cells within an outer case, the type of encapsulant and the method of encapsulation shall neither cause the battery to overheat during normal operation nor inhibit pressure relief.

5.4 Temperature, voltage and current management

The design of batteries shall be such that abnormal temperature-rise conditions are prevented. Batteries shall be designed to be within temperature, voltage and current limits as specified by the cell manufacturer. Batteries shall be provided with specifications and charging instructions for equipment manufacturers so that specified chargers are designed to maintain charging within the temperature, voltage and current limits specified.

5.5 Terminal contacts

The size and shape of the terminal contacts shall ensure that they can carry the maximum anticipated current. External terminal contact surfaces shall be formed from conductive materials with good mechanical strength and corrosion resistance. Terminal contacts shall be arranged so as to minimize the risk of short-circuit.

5.6 Assembly of cells into batteries

5.6.1 General

Each battery should have an independent control and protection for current, voltage, temperature and any other parameter required for safety and to maintain the cells within their operating region. However this protection may be provided external to the battery such as within the charger or the end devices. If protection is external to the battery, the manufacturer of the battery shall provide this safety relevant information to the external device manufacturer for implementation.

If there is more than one battery housed in a single battery case, each battery should have protective circuitry that can maintain the cells within their operating regions.

Manufacturers of cells shall specify current, voltage and temperature limits so that the battery manufacturer/designer may ensure proper design and assembly (see Annex A).

Batteries that are designed for the selective discharge of a portion of their series connected cells shall incorporate circuitry to prevent operation of cells outside the limits specified by the cell manufacturer.

Protective circuit components should be added as appropriate and consideration given to the end-device application. The manufacturer of the battery should provide a safety analysis of the battery safety circuitry with a test report including a fault analysis of the protection circuit under both charging and discharging conditions confirming the compliance.

5.6.2 Design recommendation

The voltage of each cell, or each cellblock consisting of parallel-connected plural cells, should not exceed the upper limit of the charging voltage specified in Table 2, excepting the case where the portable electronic devices or similar devices have the equivalent function.

The following should be considered at the battery level and by the device designer.

- For the battery consisting of a single cell or a single cellblock, it is recommended that the charging voltage of the cell does not exceed the upper limit of the charging voltage specified in Table 2;
- For the battery consisting of series-connected plural single cells or series-connected plural cellblocks, it is recommended that the voltages of any one of the single cells or single cellblocks does not exceed the upper limit of the charging voltage, specified in Table 2, by monitoring the voltage of every single cell or the single cellblocks.
- For the battery consisting of series-connected plural single cells or series-connected plural cellblocks, it is recommended that charging is stopped when the upper limit of the charging voltage is exceeded for any one of the single cells or single cellblocks by measuring the voltage of every single cell or the single cellblocks.
- For batteries consisting of series-connected cells or cell blocks, nominal charge voltage shall not be counted as an overcharge protection.
- For batteries consisting of series-connected cells or cell blocks, cells should have closely matched capacities, be of the same design, be of the same chemistry and be from the same manufacturer.
- It is recommended that the cells and cell blocks should not be discharged beyond the cell manufacturer's specified final voltage.
- For batteries consisting of series-connected cells or cell blocks, cell balancing circuitry should be incorporated into the battery management system.

5.6.3 Mechanical protection for cells and components of batteries

Mechanical protection for cells, cell connections and control circuits within the battery should be provided to prevent damage as a result of intended use and reasonably foreseeable misuse. The mechanical protection can be provided by the battery case or it can be provided by the end product enclosure for those batteries intended for building into an end product.

The battery case and compartments housing cells should be designed to accommodate cell dimensional tolerances during charging and discharging as recommended by the cell manufacturer.

For batteries intended for building into a portable end product, testing with the battery installed within the end product should be considered when conducting mechanical tests.

5.7 Quality plan

The manufacturer shall prepare and implement a quality plan that defines procedures for the inspection of materials, components, cells and batteries and which covers the whole process of producing each type of cell or battery. Manufacturers should understand their process capabilities and should institute the necessary process controls as they relate to product safety.

5.8 Battery safety components

See Annex F.

6 Type test and sample size

Tests are made with the number of cells or batteries specified in Table 1 using cells or batteries that are not more than six months old. The internal resistance of coin cells shall be measured in accordance with Annex D. Coin cells with internal resistance less than or equal to $3\ \Omega$ shall be tested in accordance with Table 1. Unless otherwise specified, tests are carried out in an ambient temperature of $20\ ^\circ\text{C} \pm 5\ ^\circ\text{C}$.

NOTE Test conditions are for type tests only and do not imply that intended use includes operation under these conditions. Similarly, the limit of six months is introduced for consistency and does not imply that battery safety is reduced after six months.

Table 1 – Sample size for type tests

Test		Cell ^{a, d}	Battery
7.2.1	Continuous charge	5	–
7.2.2	Case stress	–	3
7.3.1	External short-circuit	5 per temperature	–
7.3.2	External short-circuit	–	5
7.3.3	Free fall	3	3
7.3.4	Thermal abuse	5 per temperature	–
7.3.5	Crush	5 per temperature	–
7.3.6	Overcharge	–	5
7.3.7	Forced discharge	5	–
7.3.8	Mechanical	–	3
	– 7.3.8.1 Vibration		3
	– 7.3.8.2 Mechanical shock		3
7.3.9	Forced internal short ^{b, c}	5 per temperature	–
D.2	Measurement of the internal AC resistance for coin cells	3	–
^a Excludes coin cells with an internal resistance greater than 3 Ω. ^b Country specific test: only required for listed countries. ^c Not applicable to coin and lithium ion polymer cells. ^d For tests requiring charge procedure of 7.1.2 (procedure 2): 5 cells per temperature are tested			

The safety analysis of 5.6.1 should identify those components of the protection circuit that are critical for short-circuit, overcharge and overdischarge protection. When conducting the short-circuit test, consideration should be given to the simulation of any single fault condition that is likely to occur in the protecting circuit that would affect the short-circuit test.

7 Specific requirements and tests

7.1 Charging procedures for test purposes

7.1.1 First procedure

This charging procedure applies to subclauses other than those specified in 7.1.2.

Unless otherwise stated in this document, the charging procedure for test purposes is carried out in an ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, using the method declared by the manufacturer.

Prior to charging, the battery shall have been discharged at $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ at a constant current of $0,2\text{ }I_t\text{ A}$ down to a specified final voltage.

7.1.2 Second procedure

This charging procedure applies only to 7.3.1, 7.3.4, 7.3.5, and 7.3.9.

After stabilization for 1 h and 4 h, respectively, at ambient temperature of highest test temperature and lowest test temperature, as specified in Table 2, cells are charged by using the upper limit charging voltage and maximum charging current, until the charging current is reduced to $0,05\text{ }I_t\text{ A}$, using a constant voltage charging method.

Table 2 – Condition of charging procedure

Upper limit charging voltage	Maximum charging current	Charging temperature upper limit	Charging temperature lower limit
Specified by the manufacturer of cells/cell	Specified by the manufacturer of cells	Specified by the manufacturer of cells	Specified by the manufacturer of cells

See Figures A.1 and A.2 for an example of an operating region for charge and discharge. See Table A.1 for a list of lithium ion chemistries and examples of operating region parameters.

Warning: THESE TESTS USE PROCEDURES WHICH MAY RESULT IN HARM IF ADEQUATE PRECAUTIONS ARE NOT TAKEN. TESTS SHOULD ONLY BE PERFORMED BY QUALIFIED AND EXPERIENCED TECHNICIANS USING ADEQUATE PROTECTION. TO PREVENT BURNS, CAUTION SHOULD BE TAKEN FOR THOSE CELLS OR BATTERIES WHOSE CASES MAY EXCEED 75 °C AS A RESULT OF TESTING.

7.2 Intended use

7.2.1 Continuous charging at constant voltage (cells)

a) Requirement

A continuous charge at constant voltage shall not cause leakage, fire or explosion.

b) Test

Fully charged cells are subjected for 7 days to a charge using the charging method for current and standard voltage specified by the cell manufacturer.

c) Acceptance criteria

No fire, no explosion, no leakage.

7.2.2 Case stress at high ambient temperature (battery)

a) Requirement

Internal components of batteries shall not be exposed during use at high temperature. This requirement only applies to batteries with a moulded case.

b) Test

Fully charged batteries, according to the first procedure in 7.1.1, are exposed to a moderately high temperature to evaluate case integrity. The battery is placed in an air circulating oven at a temperature of $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. The batteries remain in the oven for 7 h, after which they are removed and allowed to return to room temperature.

c) Acceptance criteria

No physical distortion of the battery case resulting in exposure of internal protective components and cells.

7.3 Reasonably foreseeable misuse

7.3.1 External short-circuit (cell)

a) Requirements

Short-circuiting of the positive and negative terminals of the cell at high temperature shall not cause fire or explosion.

b) Test

Fully charge each cell according to the second procedure in 7.1.2. Store in an ambient temperature of $55\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. After stabilization for 1 h to 4 h and while still in an ambient temperature of $55\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, the cell is short-circuited by connecting the positive and negative terminals with a total external resistance of $80\text{ m}\Omega \pm 20\text{ m}\Omega$. The cell remains on test for 24 h or until the surface temperature declines by 20 % of the maximum temperature rise, whichever is the sooner.

c) Acceptance criteria

No fire, no explosion.

7.3.2 External short-circuit (battery)

a) Requirements

Short-circuiting of the positive and negative terminals of the battery shall not cause fire or explosion.

b) Test

A fully charged battery according to the procedure in 7.1.1 is stored in an ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. The battery is then short-circuited by connecting the positive and negative terminals with a total external resistance of $80\text{ m}\Omega \pm 20\text{ m}\Omega$. The battery remains on test for 24 h or until the case temperature of battery declines by 20 % of the maximum temperature rise, whichever is the sooner. However, in case of a rapid decline in the short-circuit current, the battery should remain on test for an additional one hour after the current reaches a low end steady state condition. This typically refers to a condition where the per cell voltage (series cells only) of the battery is below 0,8 V and is decreasing by less than 0,1 V in a 30-min period.

A single fault in the discharge protection circuit should be conducted on one to four (depending upon the protection circuit) of the five samples before conducting the short-circuit test. A single fault applies to protective component parts such as MOSFET (metal oxide semiconductor field-effect transistor), fuse, thermostat or positive temperature coefficient (PTC) thermistor.

NOTE Examples of single fault conditions in the discharge protection circuit can include shorting over a discharge MOSFET or over a fuse or other protection device. Protection devices found to meet the requirements of applicable component standards such as those outlined in Annex F or electronics circuits evaluated for functional safety are not subject to single fault conditions.

c) Acceptance criteria

No fire, no explosion.

7.3.3 Free fall

a) Requirements

Dropping a cell or battery (for example, from a bench top) shall not cause fire or explosion.

b) Test

Free fall test is conducted at an ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, by using cells or batteries that are charged to a fully charged state, in accordance with the first procedure in 7.1.1. Each cell or battery is dropped three times from a height of 1,0 m onto a flat concrete floor or metal floor. The cells or batteries are dropped so as to obtain impacts in random orientations. After the test, the cell or battery shall be put on rest for a minimum of 1 h and then a visual inspection shall be performed.

c) Acceptance criteria

No fire, no explosion.

7.3.4 Thermal abuse (cells)

a) Requirements

An extremely high temperature shall not cause fire or explosion.

b) Test

Each fully charged cell, according to the second procedure in 7.1.2, is placed in a gravity or circulating air-convection oven, in an ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, for 1 h. The oven temperature is raised at a rate of $5\text{ °C/min} \pm 2\text{ °C/min}$ to a temperature of $130\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. The cell remains at this temperature for 30 min before the test is terminated.

c) Acceptance criteria

No fire, no explosion.

7.3.5 Crush (cells)

a) Requirements

Severe crushing of a cell shall not cause fire or explosion.

b) Test

Each fully charged cell, charged according to the second procedure at the upper limit charging temperature in 7.1.2, is immediately transferred and crushed between two flat surfaces in an ambient temperature. The force for the crushing is applied by a device exerting a force of $13 \text{ kN} \pm 0,78 \text{ kN}$. Once the maximum force has been applied, or an abrupt voltage drop of one-third of the original voltage has been obtained, the force is released.

A cylindrical or prismatic cell is crushed with its longitudinal axis parallel to the flat surfaces of the crushing apparatus. Test only the wide side of prismatic cells.

A coin cell shall be crushed by applying the force on its flat surface.

c) Acceptance criteria

No fire, no explosion.

7.3.6 Over-charging of battery

a) Requirements

Charging for longer periods than specified by the manufacturer shall not cause fire or explosion.

b) Test

The test shall be carried out in an ambient temperature of $20 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$. Each test battery shall be discharged at a constant current of $0,2 I_t \text{ A}$, to a final discharge voltage specified by the manufacturer. Sample batteries shall then be charged at a constant current of $2,0 I_t \text{ A}$, using a supply voltage which is:

- 1,4 times the upper limit charging voltage presented in Table A.1 (but not to exceed 6,0 V) for single cell/cell block batteries or
- 1,2 times the upper limit charging voltage presented in Table A.1 per cell for series connected multi-cell batteries, and
- sufficient to maintain a current of $2,0 I_t \text{ A}$ throughout the duration of the test or until the supply voltage is reached.

A thermocouple shall be attached to each test battery.

For batteries with a case, the temperature shall be measured on the battery case. The test shall be continued until the temperature of the outer case reaches steady state conditions (less than 10 °C change in a 30-min period) or returns to ambient.

c) Acceptance criteria

No fire, no explosion.

7.3.7 Forced discharge (cells)

a) Requirements

A cell shall withstand polarity reversal without causing fire or explosion. A protective device in a battery or system can be adopted.

b) Test

Discharge a single cell to the lower limit discharge voltage specified by the cell manufacturer.

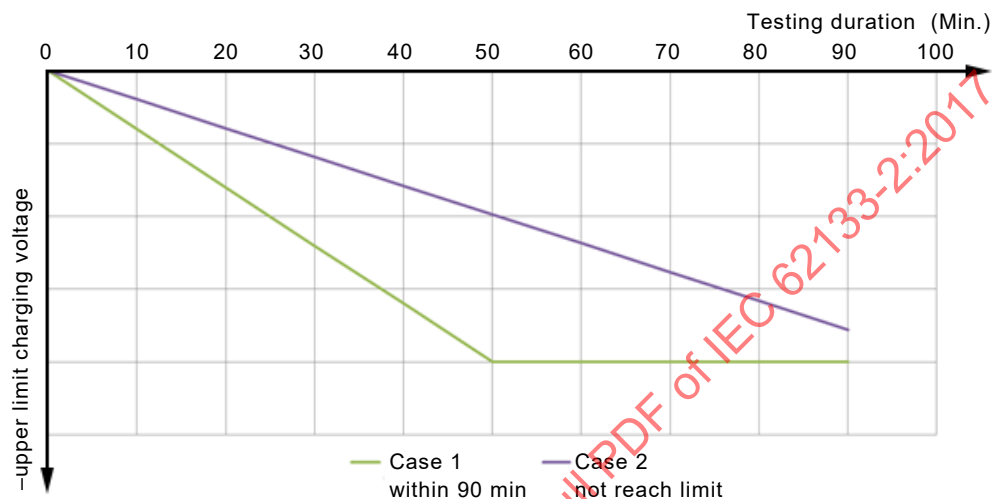
The discharged cell is then subjected to a forced discharge at $1 I_t \text{ A}$ to the negative value of the upper limit charging voltage. The total duration for the forced discharge testing is 90 min.

If the discharge voltage reaches the negative value of upper limit charging voltage within the testing duration, the voltage shall be maintained at the negative value of the upper limit charging voltage by reducing the current for the remainder of the testing duration. (Case 1 of Figure 1)

If the discharge voltage does not reach the negative value of upper limit charging voltage within the testing duration, the test shall be terminated at the end of the testing duration. (Case 2 of Figure 1)

c) Acceptance criteria

No fire, no explosion.



IEC

NOTE The curves shown in Figure 1 are just examples as the curves (except the horizontal segment) may not be linear or straight.

Figure 1 – Forced discharge time chart

7.3.8 Mechanical tests (batteries)

7.3.8.1 Vibration

a) Requirements

Vibration encountered during transportation and use shall not cause leakage, fire or explosion.

b) Test

Test batteries, fully charged in accordance with the charging procedure of 7.1.1, shall be firmly secured to the platform of the vibration machine without distorting them in such a manner as to faithfully transmit the vibration. Test batteries shall be subjected to sinusoidal vibration according to Table 3. This cycle shall be repeated 12 times for a total of approximately 3 h for each of three mutually perpendicular mounting positions. One of the directions shall be perpendicular to the terminal face.

c) Acceptance criteria

No fire, no explosion, no rupture, no leakage or venting.

Table 3 – Conditions for vibration test

Frequency range (Hz)		Amplitudes	Duration of logarithmic sweep cycle (7 Hz – 200 Hz – 7 Hz)	Axis	Number of cycles
from	to				
$f_1 = 7 \text{ Hz}$	f_2	$A1 = 1 g_n$	Approximately 15 min	X	12
f_2	f_3	$S = 0,8 \text{ mm}$		Y	12
f_3	$f_4 = 200 \text{ Hz}$	A2		Z	12
and back to $f_1 = 7 \text{ Hz}$				Total	36
NOTE Vibration amplitude is the maximum absolute value of displacement or acceleration. For example, a displacement amplitude of 0,8 mm corresponds to a peak-to-peak displacement of 1,6 mm.					
Key					
f_1, f_4	lower and upper frequency				
f_2, f_3	cross-over frequencies				
	– $f_2 \approx 17,62 \text{ Hz}$				
	– $f_3 \approx 49,84 \text{ Hz}$				
A1, A2	acceleration amplitude				
	– $A2 = 8 g_n$				
S	displacement amplitude				

7.3.8.2 Mechanical shock**a) Requirements**

Shock encountered during transportation and use shall not cause leakage, fire or explosion. This test simulates rough handling during transport and use.

b) Test procedure

Test batteries, fully charged in accordance with the charging procedure of 7.1.1, shall be secured to the testing machine by means of a rigid mount which will support all mounting surfaces of each test battery. Each test battery shall be subjected to three shocks in each direction of three mutually perpendicular mounting positions of the battery for a total of 18 shocks. For each shock, the parameters given in Table 4 shall be applied.

c) Acceptance criteria

There shall be no leakage, no venting, no rupture, no explosion and no fire during this test.

Table 4 – Shock parameters

	Waveform	Peak acceleration	Pulse duration	Number of shocks per half axis
Batteries	Half sine	$150 g_n$	6 ms	3

7.3.9 Design evaluation – Forced internal short-circuit (cells)**a) Requirements**

A forced internal short-circuit test for cylindrical cells and prismatic cells shall not cause a fire. Cell manufacturers shall keep a record to meet the requirements. A new design evaluation shall be conducted by the cell manufacturer or a third party test house.

NOTE This is a country specific test, which is only applicable to France, Japan, Korea and Switzerland and is not required on lithium ion polymer cells.

b) Test

The forced internal short-circuit test is performed in a chamber according to the following procedure.

1) Number of samples

This test shall be carried out on five lithium ion cells per test temperature.

2) Charging procedure

i) Conditioning charge and discharge

The sample shall be charged at $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ according to the manufacturer's recommendation. The sample is then discharged at $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, at a constant current of $0,2 I_t$ A, down to the final voltage specified by the manufacturer.

ii) Storage procedure

The test cell shall be stored for 1 h to 4 h at an ambient temperature as specified in Table 5.

iii) Ambient temperature

Table 5 – Ambient temperature for cell test^a

Test item	Test at lowest test temperature °C	Test at highest test temperature °C
b) 2) ii)	10 ± 2	45 ± 2
b) 2) iv)	10 ± 2	45 ± 2
b) 3) i) A	5 ± 2	50 ± 2
b) 3) ii) A	10 ± 5	45 ± 5
^a The test is conducted using conditions in Table 2.		

iv) Charging procedure for forced internal short test

The test cell shall be charged at an ambient temperature as specified in Table 5, at the upper limit charging voltage at the constant current specified by the manufacturer. When the upper limit charging voltage is reached, continue charging at constant voltage until the charge current drops to $0,05 I_t$ A.

3) Pressing the winding core with nickel particle

A temperature-controlled chamber and special press equipment are needed for the test.

The moving part of the press equipment shall be able to move at constant speed and to be stopped immediately when an internal short-circuit is detected.

i) Preparation for the test

A The temperature of the chamber is controlled as specified in Table 5. Sample preparation guidance is provided in Clause A.5 and in Figure A.6 and Figure A.9. Put the aluminium laminated bag with the winding core and nickel particle into the chamber for $45\text{ min} \pm 15\text{ min}$.

B Remove the winding core from the sealed package and attach the terminals for voltage measurement and the thermocouple(s) for temperature measurement on the surface of the winding core. Set the winding core under the pressure equipment making sure to locate the point of placement of the nickel particle under the pressing jig.

To prevent evaporation of electrolyte, finish the work within 10 min from removing the winding core from the chamber for temperature conditioning to closing the chamber door where the equipment is located.

C Remove the insulating sheet and close the chamber door.

ii) Internal short-circuit

- A Confirm that the winding core surface temperature is as defined in Table 5, and then start the test.
- B The bottom surface of the moving part of the press equipment (i.e. pressing jig) is made of nitrile rubber or acrylic resin, which is put on the 10 mm × 10 mm stainless steel shaft. Details of the pressing jigs are shown in Figure 2. The nitrile rubber bottom surface is for a cylindrical cell test. For a prismatic cell test, 5 mm × 5 mm (2 mm thickness) acrylic resin is put on the nitrile rubber.

The fixture is moved down at a speed of 0,1 mm/s, monitoring the cell voltage. When a voltage drop caused by the internal short-circuit is detected, stop the descent immediately and keep the pressing jig in the position for 30 s, and then release the pressure. The voltage is monitored at a rate of more than 100 times per second. If the voltage drops more than 50 mV compared to the initial voltage, an internal short-circuit has been determined to have occurred. If the force of the press reaches 800 N for a cylindrical cell or 400 N for a prismatic cell before the 50 mV voltage drop, stop the descent immediately.

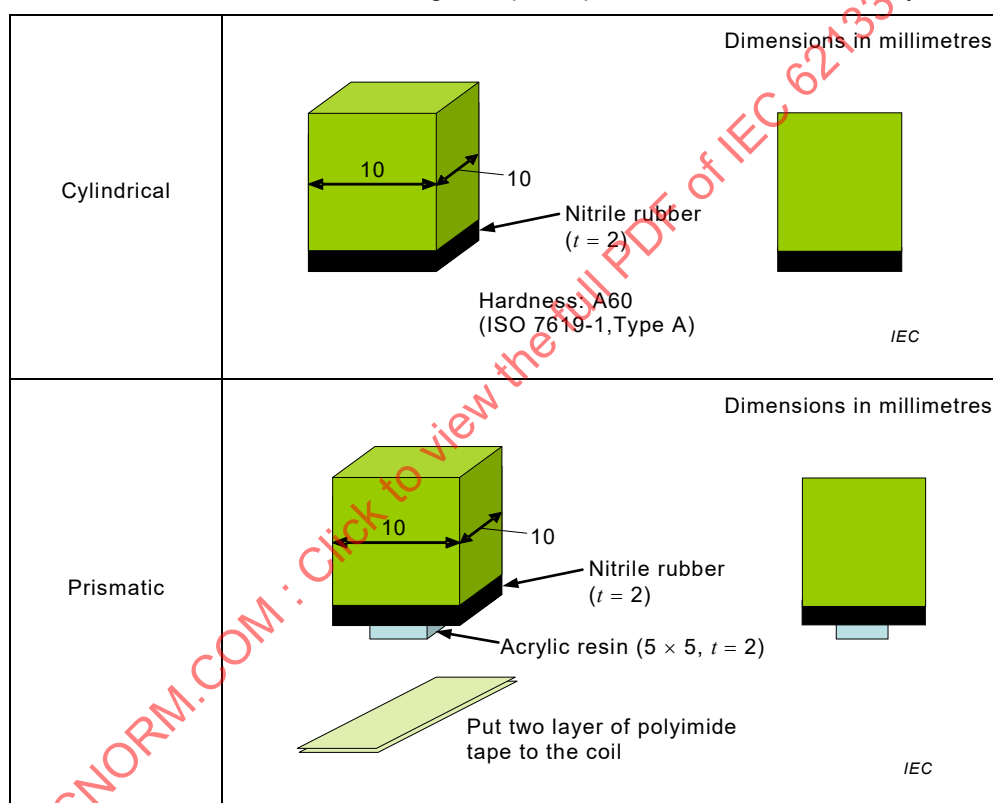


Figure 2 – Jig for pressing

c) Acceptance criteria

No fire. Record the force when an internal short-circuit occurs if there was no fire.

8 Information for safety

8.1 General

The use, and particularly abuse, of portable sealed secondary lithium cells and batteries may result in the creation of hazards and may cause harm. Manufacturers of secondary cells shall ensure that information is provided about current, voltage and temperature limits of their products. Manufacturers of batteries shall ensure that equipment manufacturers and, in the case of direct sales, end-users are provided with information to minimize and mitigate hazards.

It is the equipment manufacturer's responsibility to inform end-users of the potential hazards arising from the use of equipment containing secondary cells and batteries. Systems analyses should be performed by device manufacturers to ensure that a particular battery design prevents hazards from occurring during use of a product. As appropriate, any information relating to hazard avoidance resulting from a system analysis should be provided to the end user.

Guidance is provided in IEC TR 62188 on the design and manufacture of portable batteries, and non-exhaustive lists of good advice are provided for information in Annexes B and C.

Conformity can be checked by examination of manufacturer's documentation.

Do not allow children to replace batteries without adult supervision.

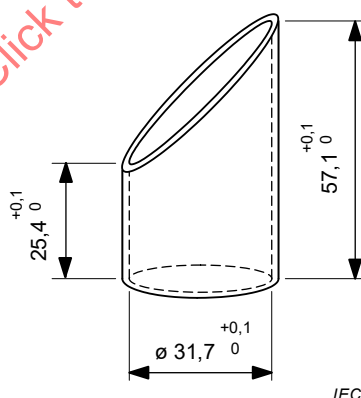
8.2 Small cell and battery safety information

Small cells and batteries and equipment using small cells and batteries are to be provided with information regarding ingestion hazards. Small cells and batteries that may pose an ingestion hazard are those that can fit within the limits of the ingestion gauge shown in Figure 3.

The following warning language is to be provided with the information packaged with the small cells and batteries or equipment using them:

- Keep small cells and batteries which are considered swallowable out of the reach of children.
- Swallowing may lead to burns, perforation of soft tissue, and death. Severe burns can occur within 2 h of ingestion.
- In case of ingestion of a cell or battery, seek medical assistance promptly.

Dimensions in millimetres



NOTE This gauge defines a swallowable component and is defined in ISO 8124-1.

Figure 3 – Ingestion gauge

9 Marking

9.1 Cell marking

Cells shall be marked as specified in IEC 61960, except coin cells. Coin cells whose external surface area is too small to accommodate the markings on the cells shall show the designation and polarity.

By agreement between the cell manufacturer and the battery and/or end product manufacturer, component cells used in the manufacture of a battery need not be marked. However, the cell marking can be indicated with the battery, the instructions and/or the specifications.

Conformity is checked by inspection.

9.2 Battery marking

Batteries shall be marked as specified in IEC 61960, except for coin batteries. Coin batteries whose external surface area is too small to accommodate the markings on the batteries shall show the designation and polarity. Batteries shall also be marked with an appropriate caution statement.

Terminals shall have clear polarity marking on the external surface of the battery.

Exception: Batteries with keyed external connectors designed for connection to specific end products need not be marked with polarity markings if the design of the external connector prevents reverse polarity connections.

Conformity is checked by inspection.

9.3 Caution for ingestion of small cells and batteries

Coin cells and batteries identified as small batteries according to 8.2 shall include a caution statement regarding the hazards of ingestion in accordance with 8.2.

When small cells and batteries are intended for direct sale in consumer-replaceable applications, caution for ingestion shall be given on the immediate package.

Conformity is checked by inspection.

9.4 Other information

The following information shall be marked on or supplied with the battery:

- storage and disposal instructions;
- recommended charging instructions.

Conformity is checked by examination of markings and manufacturer's documentation.

10 Packaging and transport

Packaging for coin cells shall not be small enough to fit within the limits of the ingestion gauge of Figure 3.

Refer to Annex E for information regarding packaging and transport.

Annex A

(normative)

Charging and discharging range of secondary lithium ion cells for safe use

A.1 General

Annex A supplements the descriptions in both the main part and annexes. It constitutes a part of this document.

A.2 Safety of lithium ion secondary battery

In order to ensure the safe use of lithium ion secondary batteries, manufacturers who design and produce lithium ion secondary cells or batteries shall strictly observe the requirements which are specified in this document. In case of a different upper limit charging voltage (i.e. other than for systems as noted in Table A.1), it may be appropriate to adjust the upper limit charging voltage and upper limit charging temperatures accordingly to fulfil the criteria of the tests.

A.3 Consideration on charging voltage

A.3.1 General

The charging voltage shall be applied for secondary cells so as to promote the chemical reaction during charging. However, if the charging voltage is too high, excessive chemical reaction or side reactions occur, and the battery becomes thermally unstable. (It may overheat and thermal runaway may occur.) Consequently, it is most important that the charging voltage never exceeds the value which is specified by the battery manufacturer. On the other hand, battery manufacturers shall verify the safety of secondary cells, which are charged at the specified charging voltage.

A.3.2 Upper limit charging voltage

A.3.2.1 General

Lithium ion secondary batteries which employ lithium cobalt oxide as the positive active material and carbon as the negative material are commonly used. In this battery, the upper limit charging voltage, as defined in Table A.1 is specified based on the cell manufacturer's specifications with an example value of 4,25 V for the lithium ion cell which is a permissible upper limit charging voltage from a safety viewpoint. Figure A.1 illustrates the basic operating region for charging.

A.3.2.2 Explanation of safety viewpoint

When a lithium ion battery is charged at a higher voltage than the upper limit charging voltage, excess amount of lithium ion is de-intercalated from the positive electrode active material and its crystalline structure tends to collapse. As a result, it becomes easy to generate oxygen and metallic lithium deposits on the carbon surface, which is employed as the negative material.

In these conditions, when an internal short-circuit occurs, thermal runaway can more easily occur than when said battery is charged under the specified condition.

Consequently, lithium ion secondary battery should never be charged at a higher voltage than this recommended upper limit charging voltage. A suitable protection device shall also be provided, by assuming the possible failure of charge control by the charger.

For alternating current of over 50 kHz, which assumes ripple, the above statements are not applicable, since lithium ion in the battery does not respond to it.

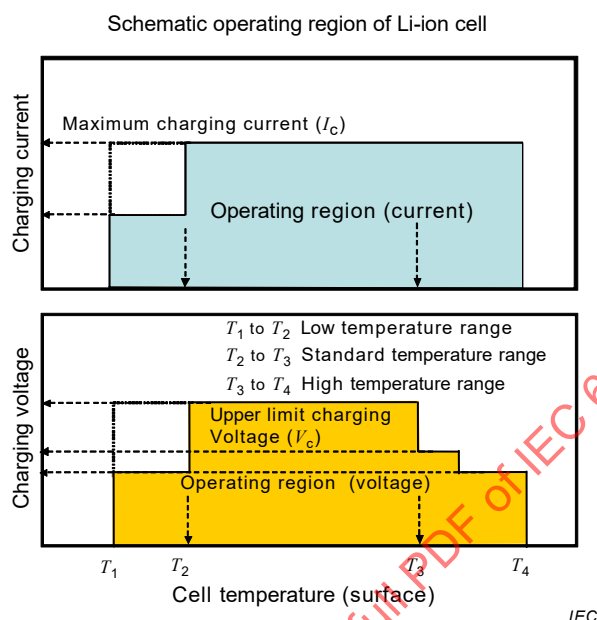


Figure A.1 – Representation of lithium ion cells operating region for charging

Table A.1 – Examples of operating region charging parameters

Cell type	Positive electrode	Electrolyte	Negative electrode	Upper limit charging voltage	Recommended temperature range (T_2 to T_3)
Lithium ion cell	Lithium transition metal (nickel, cobalt, manganese, etc.) oxide	Non-aqueous solution with lithium salt	Carbon	Specified by the cell manufacturer (Example: 4,25 V/cell)	Specified by the cell manufacturer (Example: 10 °C to 45 °C)
			Tin based Compound	Specified by the cell manufacturer (Example: 4,25 V/cell)	Specified by the cell manufacturer
			Titanium oxide	Specified by the cell manufacturer (Example: 2,85 V/cell)	Specified by the cell manufacturer
	Lithium iron phosphate		Carbon	Specified by the cell manufacturer (Example: 3,80 V/cell)	Specified by the cell manufacturer
Lithium ion polymer cell	Lithium transition metal (nickel, cobalt, manganese, etc.) oxide	Gel polymer with lithium salt	Carbon	Specified by the cell manufacturer (Example: 4,25 V/cell)	Specified by the cell manufacturer (Example: 10 °C to 45 °C)

A.3.2.3 Safety requirements, when different upper limit charging voltage is applied

It is sometimes necessary that upper limit charging voltages different from the values noted in Table A.1 be applied for a lithium ion cell. Examples are as follows:

- positive active material, other than lithium-cobalt-oxide is employed;
- ratio of the capacity of the positive electrode and the negative electrode is changed from the design viewpoint.

When an upper limit charging voltage different from the values noted in Table A.1 is to be applied for lithium ion secondary cells, tests that are specified in 7.2 to 7.3 shall be conducted by using cells which are charged under the different upper limit charging voltage. Also, relevant documents explaining reasons for the change of upper limit charging voltage shall be kept so that said different voltage can be used as the new upper limit charging voltage.

Examples of the documents explaining reasons of the change of upper limit charging voltage are as follows:

- a) test results which verify that the stability of the crystalline structure of the positive active electrode material when the cell is charged at a voltage higher than the values specified in Table A.1 is equivalent to or higher than that when the cell is charged at the specified values;
- b) test results which verify that the acceptance of lithium into the negative active electrode material when the cell is charged at a voltage higher than the values specified in Table A.1 is equivalent to or higher than that when the cell is charged at the specified values;
- c) test results which verify that the cells charged at new upper limit charging voltage (higher than the values specified in Table A.1) are tested by the test methods at the upper limit of high temperature range and necessary requirements are met;
- d) test results which verify that the cells charged at a voltage lower than the values specified in Table A.1 are tested by the test methods at the upper limit of high temperature range and necessary requirements are met;

A.4 Consideration of temperature and charging current

A.4.1 General

Charging produces a chemical reaction and is affected by temperature. The amount of side reaction or the condition of charge products is dependent on temperature even when the same upper limit charging voltage and charging current are employed.

Consequently, it is necessary that one or both of the upper limit charging voltage and maximum charging current shall be reduced at both the low temperature range and high temperature range. These conditions are considered to be more severe than the standard temperature range from a safety viewpoint.

Figure A.1 shows a basic operating region under which typical lithium ion batteries can be safely charged.

A.4.2 Recommended temperature range

A.4.2.1 General

Within the standard temperature range secondary cells can be charged at both the upper limit of charging voltage and the maximum charging current which is specified from a safety viewpoint.

The upper limit of the test temperature and the lower limit of the test temperature are specified as the highest limit and the lowest limit of standard temperature, respectively. For example, the recommended temperature range of some lithium ion batteries which employ lithium-cobalt-oxide as the positive active material and carbon as the negative material is specified as 10 °C to 45 °C.

A.4.2.2 Safety consideration when a different recommended temperature range is applied

In some secondary cells, a different recommended temperature range other than 10 °C to 45 °C is applied due to the difference of thermal stability of the electrolyte and other factors. When a new recommended temperature range is applied, tests that are specified in 7.2 to 7.3 shall be conducted by using cells which are charged at the different test temperature. Also, relevant documents explaining reasons of the change of test temperature shall be kept so that different temperature can be used.

Examples of the documents, explaining reasons of the change of test temperature are as follows:

- a) test results which verify that the stability of the crystal structure of the positive active electrode material, when the cell is charged at the new upper limit of test temperature, higher than 45 °C (highest limit of the standard temperature range for typical lithium ion cells), is equivalent to or higher than that when the cell is charged at 45 °C;
- b) test results which verify that the cells, charged at the new upper limit of test temperature (higher than 45 °C + 5 °C) and by using the upper limit charging voltage, are tested by the test methods specified in 7.2 to 7.3;
- c) test results which verify that the acceptance of lithium into the negative active material, when the cell is charged at the new lower limit of test temperature, lower than 10 °C, is equivalent to or higher than that when the cell is charged at 10 °C;
- d) test results which verify that the cells, charged at the new lower limit of test temperature (lower than 10 °C to 5 °C) and by using the upper limit of charging voltage, are tested by the test methods specified in 7.2 to 7.3.

A.4.3 High temperature range

A.4.3.1 General

In the high temperature range the temperature is higher than in the standard temperature range. Within the high temperature range, charging is permissible by charging at a lower voltage than the upper limit charging voltage which is specified for the standard temperature range.

A.4.3.2 Explanation of safety viewpoint

When lithium ion is charged at a higher temperature at the same condition as that for the standard temperature range, a larger amount of lithium is de-intercalated from the positive electrode active material. Since the increase in the amount of lithium de-intercalated leads to deterioration of the stability of the crystalline structure, the safety performance of the battery tends to decrease.

Also the temperature difference between the high temperature range and that at which thermal runaway occurs is relatively small. Consequently, in case there is an accident such as an internal short-circuit, it is easier for the battery to reach said temperature.

As a result, charging conditions are differently specified in the high temperature range, as follows.

- When the surface temperature of the lithium ion cell is higher than the upper limit of the test temperature, a different charging condition which is specially specified for the high temperature range is applied.
- When the surface temperature of the lithium ion cell is higher than the upper limit of the high temperature range, said battery shall never be charged under any charging current.

A.4.3.3 Safety considerations when specifying charging conditions in the high temperature range

Charging conditions in the high temperature range are sometimes specified based on the thermal stability of the electrolyte and other factors. When charging conditions in the high temperature range are to be specified, test cells shall be charged under these conditions and tested by the test methods specified in 7.2 to 7.3.

A.4.3.4 Safety considerations when specifying a new upper limit in the high temperature range

In some cases, a different upper limit in the high temperature range, other than that shown in Figure A.1 is applied due to the difference of thermal stability of positive electrode active material and other factors. When a new upper limit in the high temperature range is to be adopted, tests that are specified in 7.2 to 7.3 shall be conducted. Also, relevant documents explaining reasons of the change of high temperature range shall be kept so that the different high temperature range can be used.

Examples of the documents explaining reasons of the change of high temperature range are as follows:

- a) test results which verify that the stability of the crystalline structure of the positive active electrode materials, when the cell is charged at the new upper limit of the high temperature range, is equivalent to or higher than that when the cell is charged at the highest limit of the present high temperature range;
- b) test results which verify that the cells charged at the new upper limit of the high temperature range + 5 °C, when tested by the methods specified in 7.2 to 7.3, meet the requirements.

A.4.4 Low temperature range

A.4.4.1 General

In the low temperature range, the temperature is lower than that in the standard temperature range. In the low temperature range, charging of the battery is permissible by changing one or both of the upper limit of charging voltage and maximum charging current which are specified for the standard temperature range.

A.4.4.2 Explanation of safety viewpoint

When a lithium ion battery is charged in the low temperature range, the mass transfer rate decreases and the lithium ion insertion rate into the negative electrode active material becomes low. Consequently, metallic lithium is easy to deposit on the negative electrode surface. In this condition, the battery becomes thermally unstable and may overheat and lead to thermal runaway.

Also, in the low temperature range, the acceptance of lithium ion is highly depends on the temperature. Consequently, in a lithium ion battery which consists of multi-cells of a series connection, the acceptance of lithium ion by these cells can be different due to temperature differences. In this case, sufficient safety may not be ensured.

As a result, charging conditions are differently specified in the low temperature range, as follows.

- When the surface temperature of lithium ion cells is lower than the lower limit of test temperature, different charging conditions which are specially specified for the low temperature range are applied.
- When the surface temperature of lithium ion cells is lower than the lower limit of the low temperature range, the battery shall never be charged under any charging current.

A.4.4.3 Safety considerations, when specifying charging conditions in the low temperature range

Charging conditions in the low temperature range are sometimes specified based on design factors, such as the acceptance of lithium into the negative electrode active material. When charging conditions in the low temperature range are to be specified, test cells shall be charged under these conditions and tested by the test methods specified in 7.2 to 7.3 and meet the requirements.

A.4.4.4 Safety considerations when specifying a new lower limit in the low temperature range

In some cases, a different lower limit in the low temperature range other than that shown in Figure A.1 is applied. This may be due to the difference of acceptance of lithium into the negative electrode active material and other factors. When a new lower limit in the low temperature range is to be adopted, tests that are specified in 7.2 to 7.3 shall be conducted and the requirements met. Also, relevant documents explaining the reasons of the change of the low temperature range shall be kept.

Examples of the documents explaining reasons of the change of low temperature range are as follows:

- a) test results which verify that the acceptance of lithium into the negative electrode active material when the cell is charged at the new lower limit of the low temperature range is equivalent to or higher than when the cell is charged at the lowest limit of the present low temperature range;
- b) test results which verify that the cells charged at the new lower limit of the low temperature range – 5 °C when tested by the methods specified in 7.2 to 7.3 meet the requirements.

A.4.5 Scope of the application of charging current

The charging current, as specified in the above, is not applied to an alternating current of over 50 kHz, which assumes ripple and other effects, since lithium ion batteries do not respond to such effects. (Ripple currents over 50 kHz are acceptable.)

A.4.6 Consideration of discharge

A.4.6.1 General

Figure A.2 illustrates the general operating region for discharging for a lithium ion cell.

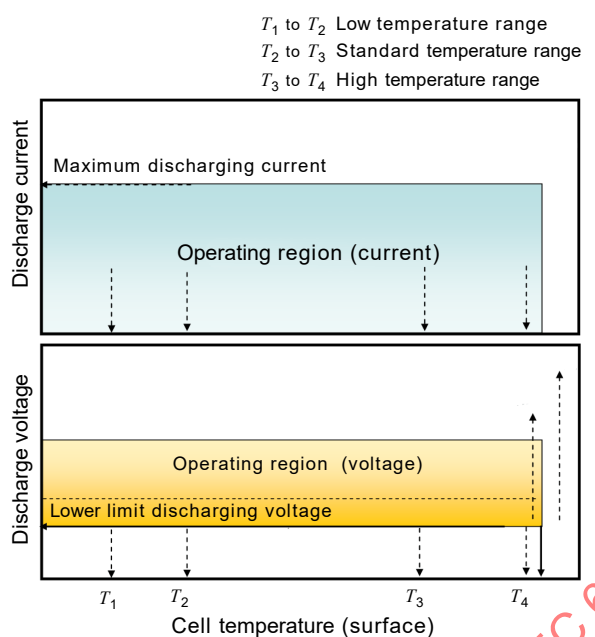


Figure A.2 – Representation of lithium ion cell operating region for discharging

A.4.6.2 Final discharge voltage and explanation of safety viewpoint

The cell should not be discharged beyond the manufacturer's specified final discharge voltage. If a cell is discharged beyond the final discharge voltage, the collector metal may leach from the negative electrode and deposit locally during charging. This deposition may grow toward the positive electrode and cause an internal short-circuit or liquid leakage.

If the battery voltage becomes lower than the specified final discharge voltage, continued charging of the cell should be avoided.

A.4.6.3 Discharge current and temperature range

During discharging, the highest discharging temperature should not be exceeded. If the temperature is over the highest discharge-start temperature before discharging, discharging should not be started. During discharging, the maximum discharging current should not be exceeded.

A.4.6.4 Scope of application of the discharging current

The discharging current as specified above does not apply to alternating current components (ripple, etc.) at 50 kHz or greater where lithium ions do not react inside of the cell.

A.5 Sample preparation

A.5.1 General

In order to provide more information regarding the sample preparation for test 7.3.9, the following additional details are provided.

A.5.2 Insertion procedure for nickel particle to generate internal short

The insertion procedure is carried out at $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and below $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ dew point.

A.5.3 Disassembly of charged cell

Remove winding core (assembled electrode/separator, roll, and coil) from the charged cell (see Figure A.6 and Figure A.9).

A.5.4 Shape of nickel particle

The shape of the nickel particle shall be as shown in Figure A.3.

Dimensions: Height: 0,2 mm; Thickness: 0,1 mm; L shape (Angle: $90^\circ \pm 10^\circ$): 1,0 mm for each side with 5 % tolerance. Material: more than 99 % (mass fraction) pure nickel.

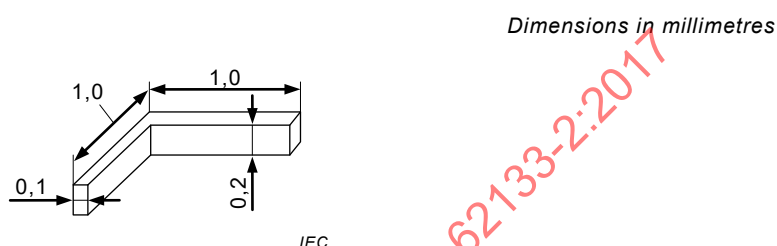


Figure A.3 – Shape of nickel particle

A.5.5 Insertion of nickel particle in cylindrical cell

A.5.5.1 Insertion of nickel particle in winding core

a) Insertion of nickel particle between positive (active material) coated area and negative (active material) coated area for cylindrical cell. (see Figure A.4).

- 1) If outer turn of positive substrate is aluminium foil, cut off foil at the dividing line between aluminium foil and active material, in order to make the short-circuit test between the positive active material and the negative active material.
- 2) Insert nickel particle between positive active material and separator. The alignment of the nickel particle shall be as shown in Figure A.4. Position of the insertion of the nickel particle shall be 20 mm from the edge of the cut aluminium foil. Direction of L-shaped corner is towards the direction of winding.

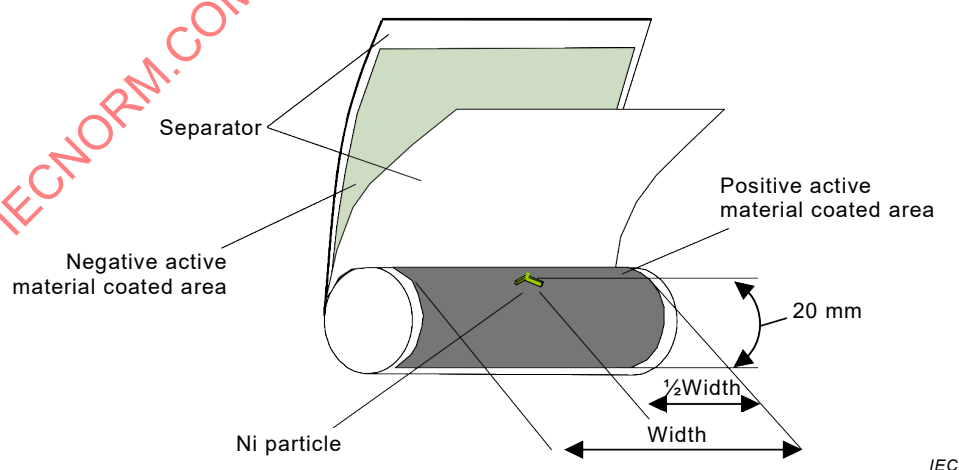


Figure A.4 – Nickel particle insertion position between positive and negative active material coated area of cylindrical cell

b) Insertion of nickel particle between positive aluminium foil (uncoated area) and negative (active material) coated area for cylindrical cell.

When aluminium foil of positive electrode is exposed at outer turn and the aluminium foil is facing the coated negative active material, the following procedure shall be used.

- 1) When aluminium foil of positive electrode is exposed at outer turn, cut off the aluminium foil 10 mm from the dividing line between aluminium foil and active material.
- 2) Insert Ni particle between aluminium foil and separator. The alignment of nickel particle shall be as shown in Figure A.5.

Position of the insertion of nickel particle shall be at 1,0 mm from the edge of the coating of positive active material on aluminium foil.

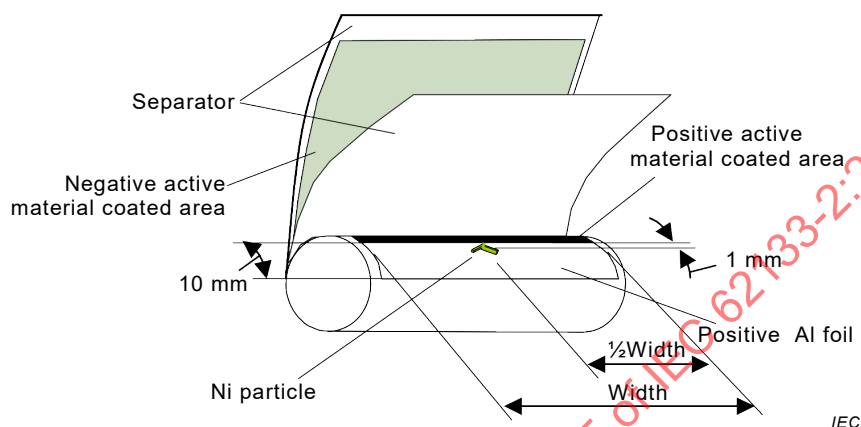
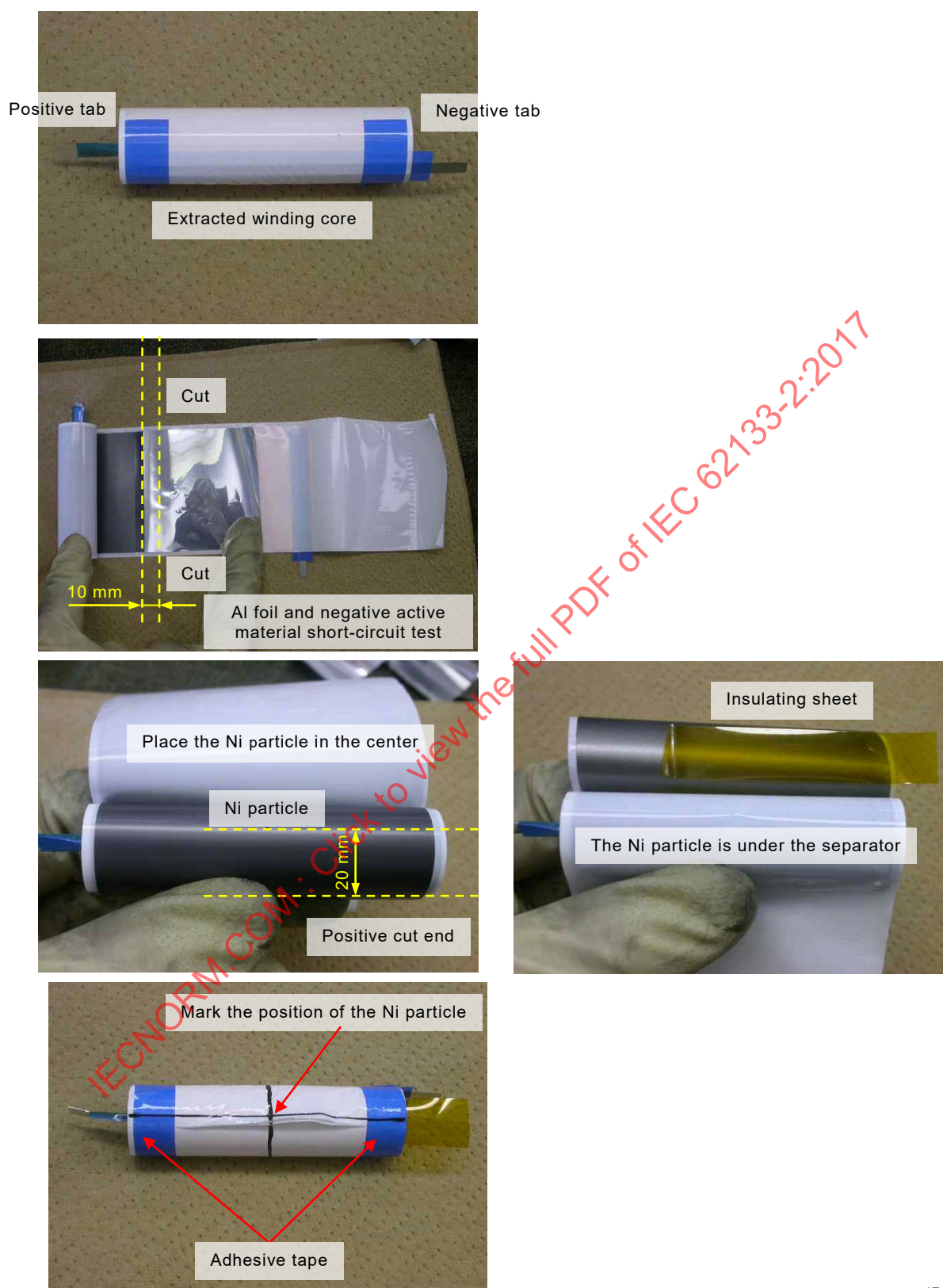


Figure A.5 – Nickel particle insertion position between positive aluminium foil and negative active material coated area of cylindrical cell

**Figure A.6 – Disassembly of cylindrical cell**

A.5.5.2 Marking the position of the nickel particle on both ends of the winding core of the separator

The procedure is as follows.

- a) Place insulating sheet between the separator that is facing the nickel particle and the negative electrode to protect against short-circuits.
- b) Manually roll back the electrodes and separator keeping the nickel particle in place and apply adhesive tape to the winding core.
- c) Mark position of the nickel particle across the winding core.
- d) Put winding core in a polyethylene bag with sealing zipper and seal it. Put the polyethylene bag into aluminium laminated bag to prevent from drying out.

Remark: Procedure shall be completed within 30 min.

A.5.6 Insertion of nickel particle in prismatic cell

- a) Prior to inserting the nickel particle, insert an insulating sheet between the negative electrode and the separator that is below the nickel particle and the negative electrode, as shown in Figure A.7, to protect against short-circuit.
- b) Insertion of nickel particle in winding core.
 - 1) Insertion of nickel particle between positive (active material) coated area and negative (active material) coated area for prismatic cell (see Figure A.9).
 - i) Insert nickel particle between positive (active material) coated area and separator or between separator and negative (active material) coated area. In case of aluminium cell case, insert nickel particle between positive (active material) coated area and separator.
 - ii) Insert nickel particle between positive active material and separator. The alignment of the nickel particle shall be as shown in Figure A.7. Nickel particle is set at the centre (diagonally) of the winding core. Direction of nickel particle L-shape corner is towards the direction of winding.

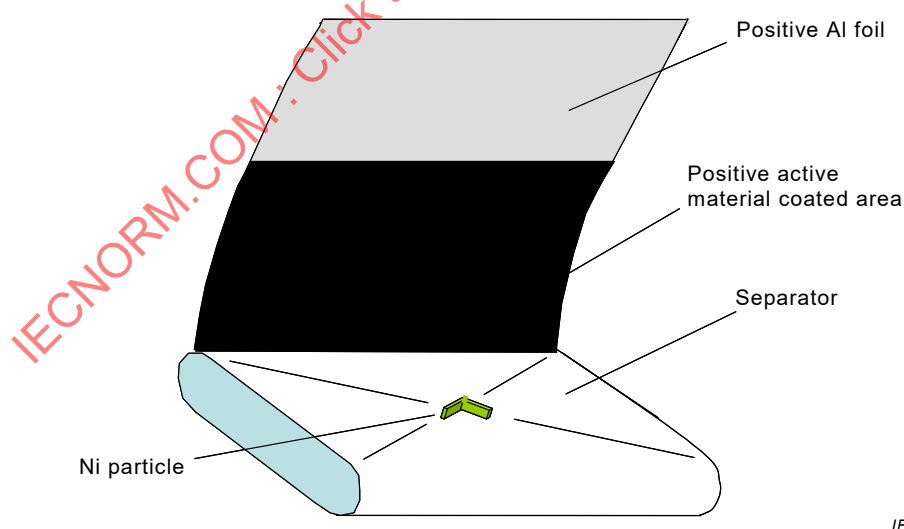


Figure A.7 – Nickel particle insertion position between positive and negative (active material) coated area of prismatic cell

- 2) Insertion of nickel particle between positive aluminium foil (uncoated area) and negative (active material) coated area for prismatic cell. When aluminium foil of positive electrode is exposed at outer turn and the aluminium foil is facing the coated negative active material, the following test shall be performed.

- i) When the aluminium foil of positive electrode is exposed at outer turn and the aluminium foil is facing the coated negative active material, insert nickel particle between aluminium foil and separator.
- ii) The alignment of nickel particle shall be as shown in Figure A.8. Nickel particle is set at the centre of the flat winding core surface. Direction of nickel particle L-shape corner is towards the direction of winding.

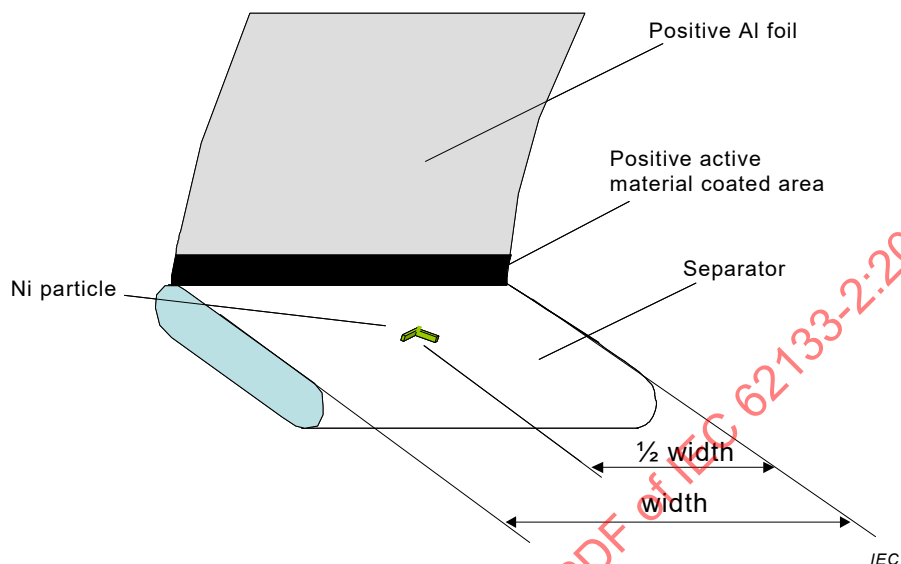
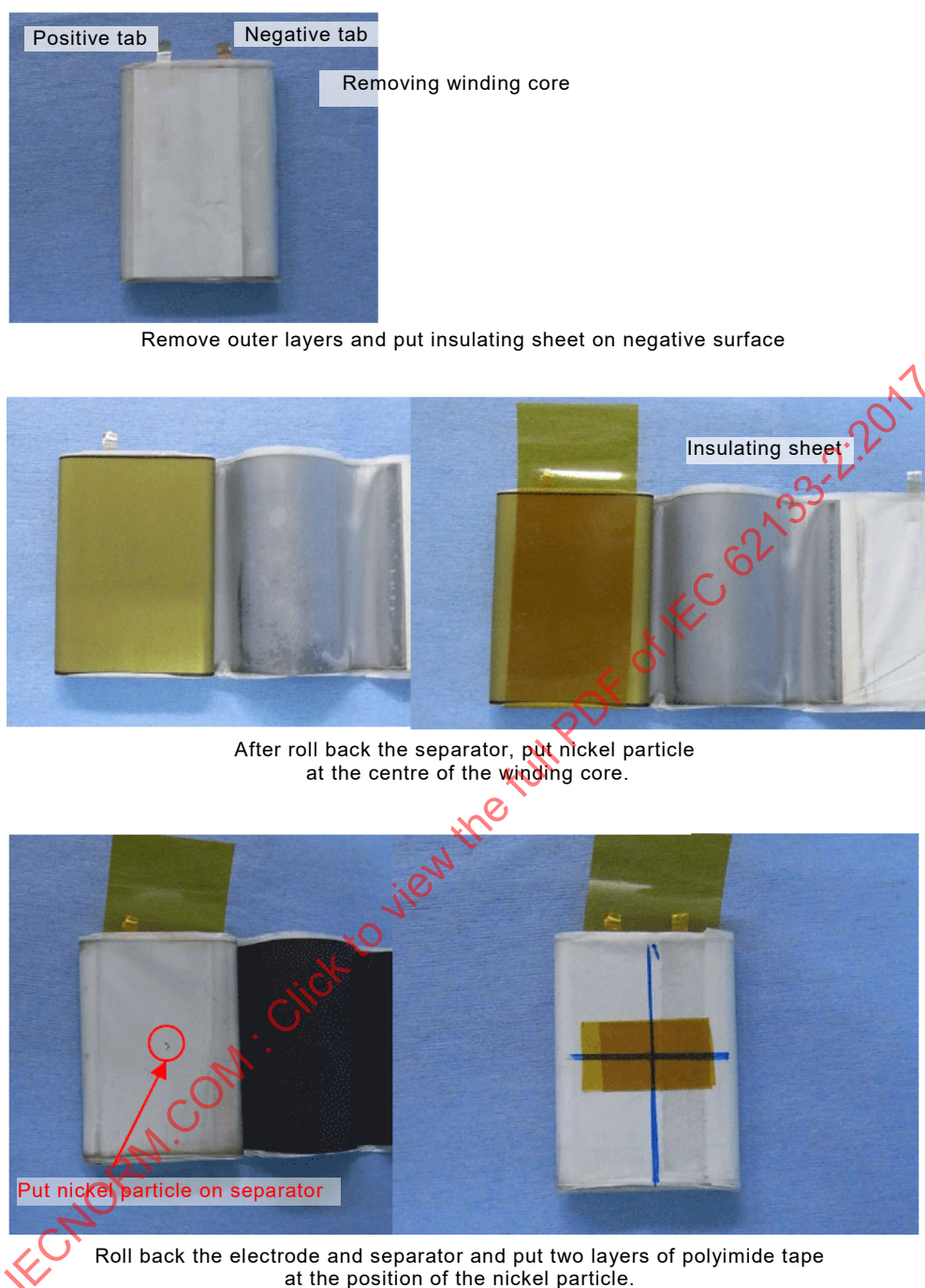


Figure A.8 – Nickel particle insertion position between positive aluminium foil and negative (active material) coated area of prismatic cell

- iii) Manually roll back the electrodes and separator keeping the nickel particle in place and apply adhesive tape to the winding core.
- iv) Mark the position of nickel particle across the winding core.
- v) Put two layers of polyimide tape (10 mm width, 25 µm thickness) at the marking position.
- vi) Put winding core into a polyethylene bag with sealing zipper and seal it. Put the polyethylene bag into aluminium-laminated bag to prevent from drying.

Remark: Procedure should be completed within 30 min.



IEC

Figure A.9 – Disassembly of prismatic cells

A.6 Experimental procedure of the forced internal short-circuit test

A.6.1 Material and tools for preparation of nickel particle

The necessary material and tools required for this preparation are listed below.

- a) a nickel piece: Prepare nickel plate (soft temper; ISO 6208, NW2200 (Ni 99,0) or NW2201 (Ni 99,0-LC) 0,10 mm $\pm$ 0,01 mm thick made into a piece $0,20^{+0,05}_{-0,03}$ mm wide and 2,00 mm $\pm$ 0,30 mm long by slit processing or using a punching press;
- b) stereomicroscope;

- c) cutter knife;
- d) glass slides (2 slides: 1 mm or thicker with square corners);
- e) graph paper (1 mm square);
- f) storage container for nickel particles.

A.6.2 Example of a nickel particle preparation procedure

The following steps are to be undertaken.

- a) Place graph paper on the stage of the stereomicroscope and focus the microscope on the lines of the graph paper.
- b) While looking through the microscope, place the nickel piece parallel to a line of the graph paper. The nickel piece should be placed horizontally, with its 0,20 mm sides extending downward perpendicularly from and its 2,00 mm sides running parallel to the line on the graph paper.
- c) Place a glass slide vertically over the left half (1,0 mm) of the nickel piece. Use a line of the graph paper as a guide to position the edge of the glass slide.
- d) While holding the glass slide in place with your fingers, fold and raise the right half (1,0 mm) of the nickel piece using a cutter.
- e) Place the other glass slide to the right of the nickel piece to sandwich the raised part. Slightly press the right slide against the raised part so that the nickel piece is bent to an angle of 90° .
- f) Store the completed nickel particles in a storage container to prevent them from being deformed before the test.

NOTE The completed nickel particles can also be obtained by using a press machine.

Figure A.10 shows the nickel material after folding to a nickel particle.

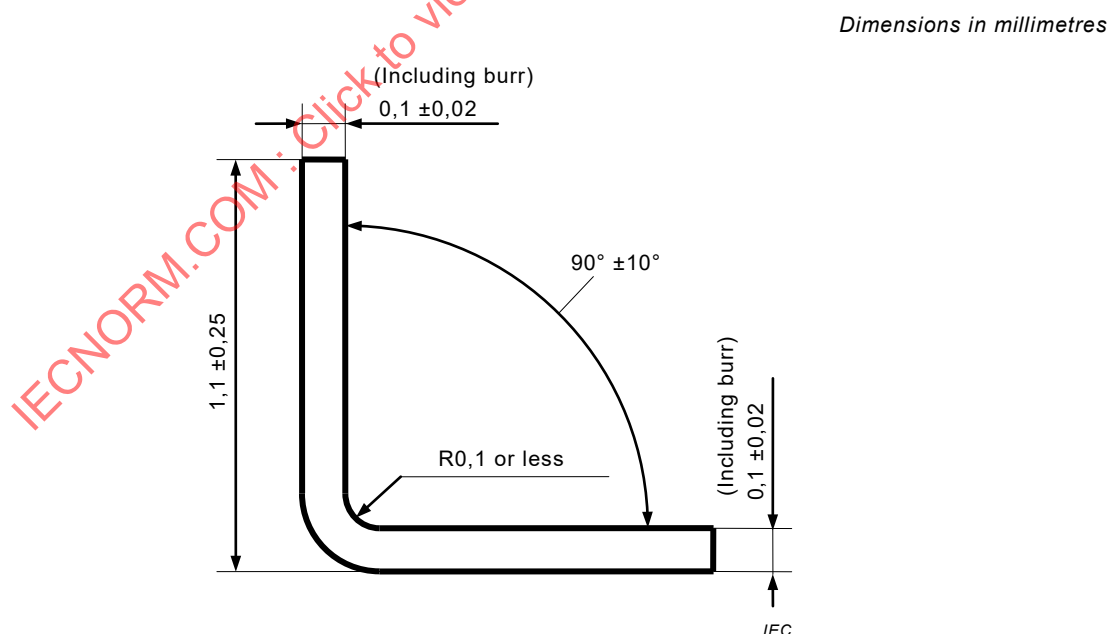


Figure A.10 – Dimensions of a completed nickel particle

A.6.3 Positioning (or placement) of a nickel particle

The following represents some recommendations on the way to place nickel particle.

- a) In the case that nickel particle cannot be placed in the position as described in Clause A.5, the position can be changed.

- b) For a prismatic cell, a nickel particle may be placed in a flat area. However, it shall be positioned in the centre of the pressurized surface. If it is difficult to place a nickel particle under the most outside layer, it may be placed under an inside layer as shown in Figure A.11.
- c) A nickel particle shall not be placed in an area where the positive active material has become detached from the aluminium foil. If the material has become detached in the specified area, place the nickel particle in another area where the positive active material exists, where the position can be pressed with the centre of the pressuring jig.
- d) The position of nickel particle may be determined by the cell manufacturer and the test agent.

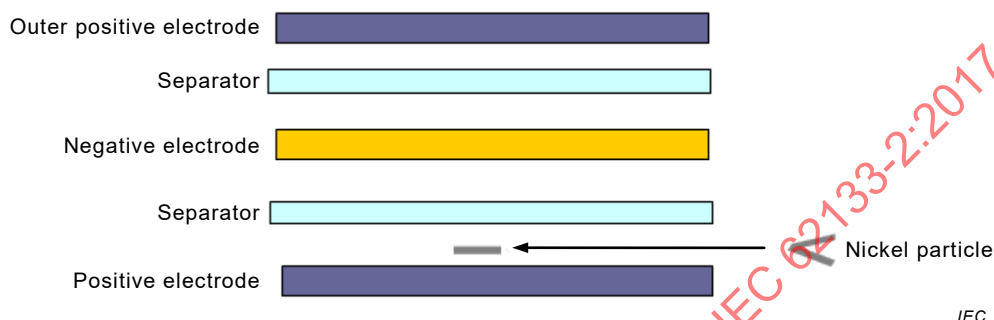


Figure A.11 – Positioning of the nickel particle when it cannot be placed in the specified area

A.6.4 Damaged separator precaution

The sample for evaluation shall not be used when a separator is damaged during preparation e.g. separator is torn.

When a separator is damaged, e.g. the membrane is ruptured; the cell shall not be used as a sample for evaluation.

A.6.5 Caution for rewinding separator and electrode

During rewinding of the core to original position by pulling the positive electrode, negative electrode and separator, pay attention to avoid loosening the wound core.

Figure A.12 below shows an example of cylindrical cell.

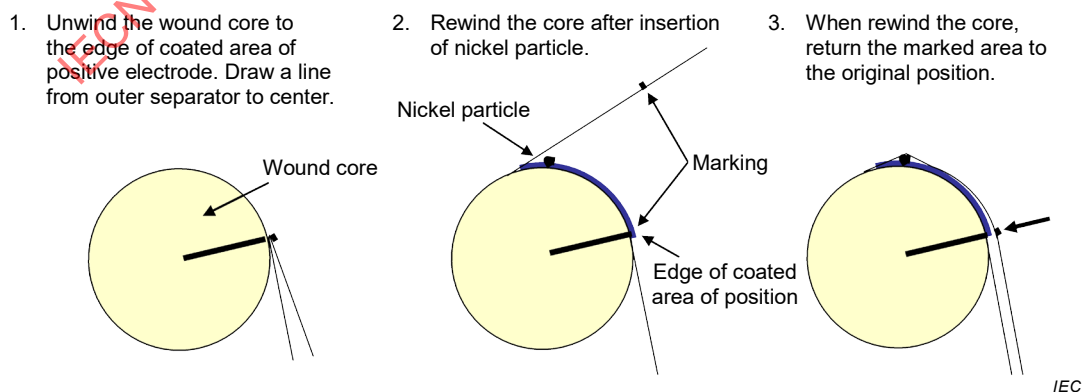


Figure A.12 – Cylindrical cell

A.6.6 Insulation film for preventing short-circuit

To prevent short-circuit before the test, it is recommended to insert an insulation film of a thickness of 25 µm or less.

A.6.7 Caution when disassembling a cell

The following represents some recommendations on the way to disassemble the cell.

- a) Cells should be disassembled in an open-type dry chamber or a dry room, where the temperature is $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ and the dew point temperature is below -25 °C .
- b) Be careful not to short-circuit cells during disassembling. For example, use tools whose edges are made of ceramic or insulated. Take great care to disassemble sealing area of cells in particular.
- c) There are many different cell structures, so it is recommended to check with the manufacturer for the most appropriate structure and part where a short-circuit may easily happen.
- d) Cells short-circuited during disassembling should not be used for the following test.

A.6.8 Protective equipment for safety

Long sleeved protective clothing, protective glasses, a mask and gloves should be worn.

A.6.9 Caution in the case of fire during disassembling

The following represents some recommendations on the way to manage a fire.

- a) To prevent fire spreading, unnecessary flammable materials should not be placed in the work area.
- b) Take countermeasures to prevent the cell contents scattering when cells catch fire. For example, a fire protection cloth or sand should be available in the work area, and the gas should be exhausted effectively.

A.6.10 Caution for the disassembling process and pressing the electrode core

The following represents some recommendations on the way to handle the wound core.

- a) Place one wound core in one zip-lock polyethylene bag, and then place them in one aluminium laminated bag. To minimize vaporization of the electrolyte, use bags as small as possible. For example, use a polyethylene bag of 100 mm (width) × 140 mm (height) × 0,04 mm (thickness) and an aluminium laminated bag of 120 mm (width) × 180 mm (height) × 0,11 mm (thickness).
- b) Carry out the work from cell disassembling to placing in the aluminium laminated bag within 30 min.
- c) The storage period in the aluminium laminated bag should not exceed 12 h.
 - 1) The wound core should be placed on the testing machine within 2 min after taking out the wound core from the bags.
 - 2) When the temperature of the wound core reaches the testing temperature, start pressurizing.
 - 3) When the test is conducted at a high temperature, to minimize vaporization of the electrolyte, it is desirable to start pressurizing within 3 min after placing the wound core on the testing machine. When the test is conducted at a low temperature, it is desirable to start the test within 10 min.

A.6.11 Recommended specifications for the pressing device

The locus of the servo-motor press moves linearly, however a hydraulic press mechanism does not. When the internal short-circuit occurs, the pressing device shall stop immediately by

detecting the cell voltage drop. The servo-motor press can stop immediately; however, the hydraulic press cannot. Therefore, the servo-motor press is recommended for the pressing device.

The recommended specifications of the servo-motor press are shown in Table A.2.

Table A.2 – Recommended specifications of a pressing device

Item	Specifications in IEC 62133:2012	Recommendation
Pressurizing method	—	Servo-motor press
Press speed	0,1 mm/s	$(0,1 \pm 0,01)$ mm/s
Position stability after pressurizing	—	$\pm 0,02$ mm
Maximum pressurizing capability	Cylindrical: 800 N max.	1 000 N or more (recommended press capability to achieve the specification in left column)
	Prismatic: 400 N max.	
Pressure measuring method	—	Directly measured with a load cell
Pressure measuring period	—	5 ms or less
Time to stop pressure head after 50 mV delta is detected	—	100 ms or less

Figure A.13 shows the plots of the distance from the start point of the pressing devices.

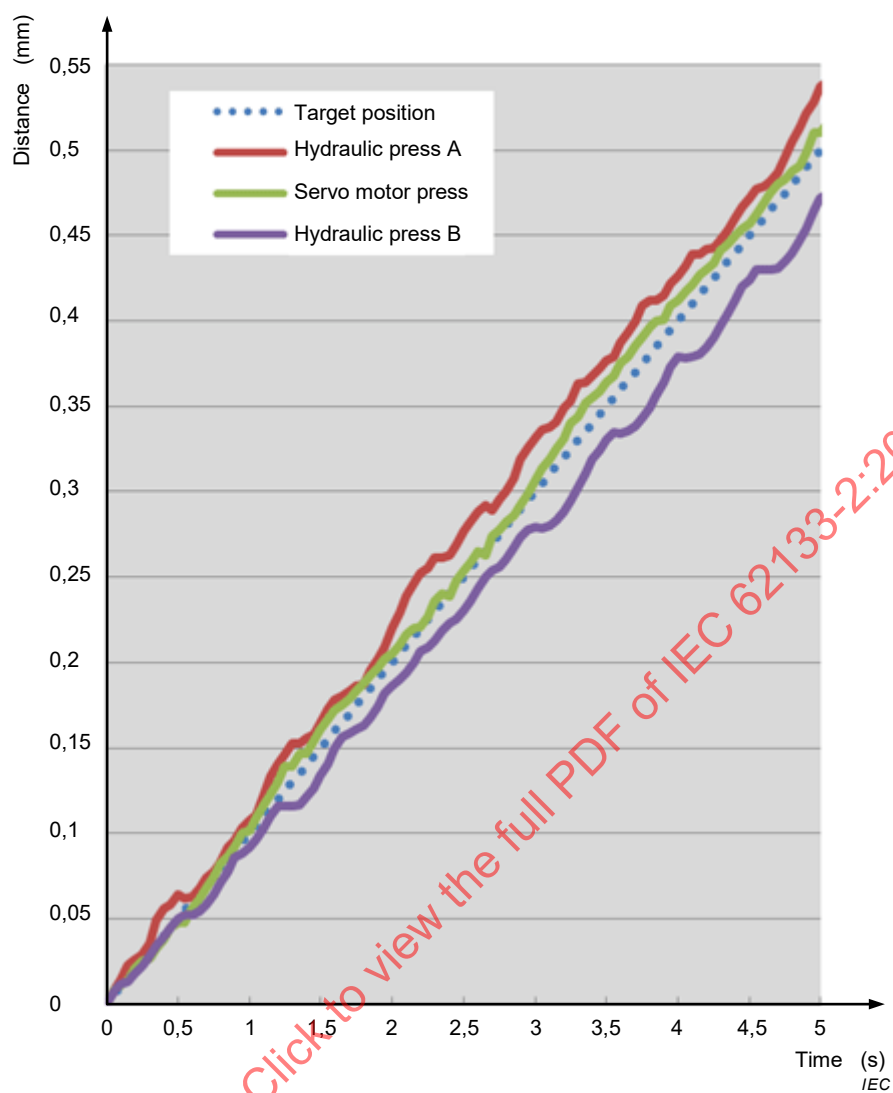


Figure A.13 – Distance / time ratio of several types of pressing devices

Annex B (informative)

Recommendations to equipment manufacturers and battery assemblers

The following represents a typical, but non-exhaustive, list of good advice to be provided by the manufacturer of secondary cells and batteries to equipment manufacturers and battery assemblers.

- a) Do not dismantle, open or shred cells. Batteries should be dismantled only by trained personnel. Multi-cell battery cases should be designed so that they can be opened only with the aid of a tool.
- b) Compartments should be designed to prevent easy access to the batteries by young children.
- c) Do not short-circuit a cell or battery. Do not store cells or batteries haphazardly in a box or drawer where they may short-circuit each other or be short-circuited by conductive materials.
- d) Do not remove a cell or battery from its original packaging until required for use.
- e) Do not expose cells or batteries to heat or fire. Avoid storage in direct sunlight.
- f) Do not subject cells or batteries to mechanical shock.
- g) In the event of a cell leaking, do not allow the liquid to come into contact with the skin or eyes. If contact has been made, wash the affected area with copious amounts of water and seek medical advice.
- h) Equipment should be designed to prohibit the incorrect insertion of cells or batteries and should have clear polarity marks. Always observe the polarity marks on the cell, battery and equipment and ensure correct use.
- i) Do not mix cells of different manufacture, capacity, size or type within a battery.
- j) Seek medical advice immediately if a cell or battery has been swallowed.
- k) Consult the cell or battery manufacturer on the maximum number of cells which may be assembled in a battery and on the safest way in which cells may be connected.
- l) A dedicated charger should be provided for each equipment. Complete charging instructions should be provided for all secondary cells and batteries offered for sale.
- m) Keep cells and batteries clean and dry.
- n) Wipe the cell or battery terminals with a clean dry cloth if they become dirty.
- o) Secondary cells and batteries need to be charged before use. Always refer to the cell or battery manufacturer's instructions and use the correct charging procedure.
- p) Do not maintain secondary cells and batteries on charge when not in use.
- q) After extended periods of storage, it may be necessary to charge and discharge the cells or batteries several times to obtain maximum performance.
- r) Retain the original cell and battery literature for future reference.
- s) When disposing of secondary cells or batteries, keep cells or batteries of different electrochemical systems separate from each other.

Annex C

(informative)

Recommendations to the end-users

The following represents a typical, but non-exhaustive, list of good advice to be provided by the equipment manufacturer to the end-user.

- a) Do not dismantle, open or shred secondary cells or batteries.
- b) Keep batteries out of the reach of children
Battery usage by children should be supervised. Especially keep small batteries out of reach of small children.
- c) Seek medical advice immediately if a cell or a battery has been swallowed.
- d) Do not expose cells or batteries to heat or fire. Avoid storage in direct sunlight.
- e) Do not short-circuit a cell or a battery. Do not store cells or batteries haphazardly in a box or drawer where they may short-circuit each other or be short-circuited by other metal objects.
- f) Do not remove a cell or battery from its original packaging until required for use.
- g) Do not subject cells or batteries to mechanical shock.
- h) In the event of a cell leaking, do not allow the liquid to come in contact with the skin or eyes. If contact has been made, wash the affected area with copious amounts of water and seek medical advice.
- i) Do not use any charger other than that specifically provided for use with the equipment.
- j) Observe the plus (+) and minus (–) marks on the cell, battery and equipment and ensure correct use.
- k) Do not use any cell or battery which is not designed for use with the equipment.
- l) Do not mix cells of different manufacture, capacity, size or type within a device.
- m) Always purchase the battery recommended by the device manufacturer for the equipment.
- n) Keep cells and batteries clean and dry.
- o) Wipe the cell or battery terminals with a clean dry cloth if they become dirty.
- p) Secondary cells and batteries need to be charged before use. Always use the correct charger and refer to the manufacturer's instructions or equipment manual for proper charging instructions.
- q) Do not leave a battery on prolonged charge when not in use.
- r) After extended periods of storage, it may be necessary to charge and discharge the cells or batteries several times to obtain maximum performance.
- s) Retain the original product literature for future reference.
- t) Use the cell or battery only in the application for which it was intended.
- u) When possible, remove the battery from the equipment when not in use.
- v) Dispose of properly.

Annex D (normative)

Measurement of the internal AC resistance for coin cells

D.1 General

Annex D provides a method for measuring the internal resistance of a coin cell to determine if testing according to Table 1 is required.

D.2 Method

a) Requirement

To measure the internal resistance of a coin cell to determine if the cell's internal resistance is less than or equal to $3\ \Omega$ and the testing per Table 1 is required. See Clause 6.

b) Test

A sample size of three coin cells is required for this measurement.

Step 1 – The cells shall be charged, in an ambient temperature of $20\ ^\circ\text{C} \pm 5\ ^\circ\text{C}$, using the method declared by the manufacturer.

Step 2 – The cells shall be stored, in an ambient temperature of $20\ ^\circ\text{C} \pm 5\ ^\circ\text{C}$, for not less than 1 h and not more than 4 h.

Step 3 – The measurement of internal AC resistance shall be performed as noted below.

The alternating r.m.s. voltage, U_a , shall be measured when applying to the cell an alternating r.m.s. current, I_a , at the frequency of $1,0\ \text{kHz} \pm 0,1\ \text{kHz}$ for a period of 1 s to 5 s.

The internal AC resistance, R_{ac} , is given by:

$$R_{ac} = \frac{U_a}{I_a} \quad [\Omega]$$

where

U_a is the alternating r.m.s. voltage;

I_a is the alternating r.m.s. current.

NOTE 1 The alternating current is selected so that the peak voltage stays below 20 mV.

NOTE 2 This method will measure the impedance which, in the range of frequency specified, is approximately equal to the resistance.

NOTE 3 Connections to the battery terminals are made in such a way that voltage measurement contacts are separate from contacts used to carry current.

c) Acceptance criteria

Coin cells with an internal resistance of less than or equal to $3\ \Omega$ are subjected to the testing according to Clause 6 and Table 1. Coin cells with an internal resistance greater than $3\ \Omega$ require no further testing.

Annex E (informative)

Packaging and transport

The goal of packaging of secondary cells and batteries for transport is to prevent opportunities for short-circuit, mechanical damage and possible ingress of moisture. The materials and packaging design should be chosen so as to prevent the development of unintentional electrical conduction, corrosion of the terminals and ingress of environmental contaminants.

Lithium ion cells and batteries are regulated by the International Civil Aviation Organization (ICAO), the International Air Transport Association (IATA), the International Maritime Organization (IMO) and other government agencies.

Regulations concerning international transport of secondary lithium batteries are based on the UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods. Testing requirements are defined in the UN Manual of Tests & Criteria. As regulations are subject to change, the latest editions should be consulted.

For reference, transportation tests are also given in IEC 62281.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62133-2:2017

Annex F (informative)

Component standards references

Components relied upon for safety of the battery should comply with their appropriate component standard if applicable. See Table F.1 for some component standards that may apply to battery components.

Table F.1 – Component standard references

Component	IEC standard reference
Fuse	IEC 60127 (all parts), <i>Miniature fuses</i>
PTC device	IEC 60738-1, <i>Thermistors – Directly heated positive temperature coefficient – Part 1: Generic specification</i>
Thermal link	IEC 60691, <i>Thermal-links – Requirements and application guide</i>
FET	IEC 60747-8, <i>Semiconductor devices – Discrete devices – Part 8: Field-effect transistors</i>

Bibliography

IEC 60050-351:2013, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 351: Control technology*

IEC 60051 (all parts), *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*

IEC 60664 (all parts), *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems*

IEC 61434, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Guide to designation of current in alkaline secondary cell and battery standards*

IEC TR 61438, *Possible safety and health hazards in the use of alkaline secondary cells and batteries – Guide to equipment manufacturers and users*

IEC TR 62188, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Design and manufacturing recommendations for portable batteries made from sealed secondary cells*

IEC 62281, *Safety of primary and secondary lithium cells and batteries during transport*

IEC TR 62914, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Experimental procedure for the forced internal short-circuit test of IEC 62133:2012*

ISO 6208, *Nickel and nickel alloy plate, sheet and strip*

ISO 7619-1, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of indentation hardness – Part 1: Durometer method (Shore hardness)*

ISO 8124-1, *Safety of toys – Part 1: Safety aspects related to mechanical and physical properties*

United Nations, New York & Geneva, *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual of Tests and Criteria, Chapter 38.3*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	51
1 Domaine d'application	53
2 Références normatives	53
3 Termes et définitions	53
4 Tolérances de mesure relatives aux paramètres	56
5 Considérations générales de sécurité	57
5.1 Généralités	57
5.2 Isolement et câblage	57
5.3 Échappement de gaz	57
5.4 Gestion de la température, de la tension et du courant	58
5.5 Contacts des bornes	58
5.6 Assemblage des éléments dans les batteries	58
5.6.1 Généralités	58
5.6.2 Recommandation de conception	58
5.6.3 Protection mécanique des éléments et des composants de batteries	59
5.7 Plan qualité	59
5.8 Composants de sécurité de la batterie	59
6 Essai d'homologation et effectif d'échantillon	59
7 Exigences spécifiques et essais	60
7.1 Procédures de charge pour les besoins des essais	60
7.1.1 Première procédure	60
7.1.2 Deuxième procédure	61
7.2 Utilisation prévue	61
7.2.1 Charge continue à tension constante (éléments)	61
7.2.2 Contrainte de moulage du boîtier à température ambiante élevée (batterie)	61
7.3 Utilisation abusive raisonnablement prévisible	62
7.3.1 Court-circuit externe (élément)	62
7.3.2 Court-circuit externe (batterie)	62
7.3.3 Chute libre	62
7.3.4 Température abusive (éléments)	63
7.3.5 Ecrasement (éléments)	63
7.3.6 Surcharge de la batterie	63
7.3.7 Décharge forcée (éléments)	64
7.3.8 Essais mécaniques (batteries)	65
7.3.9 Évaluation de la conception – Court-circuit interne forcé (éléments)	66
8 Informations relatives à la sécurité	68
8.1 Généralités	68
8.2 Informations relatives à la sécurité des éléments et batteries de petite taille	69
9 Marquage	69
9.1 Marquage des éléments	69
9.2 Marquage des batteries	69
9.3 Mise en garde contre l'ingestion des éléments et batteries de petite taille	70
9.4 Autres informations	70
10 Emballage et transport	70

Annexe A (normative) Plage de charge et de décharge des éléments d'accumulateurs lithium ion pour une utilisation en toute sécurité.....	71
A.1 Généralités	71
A.2 Sécurité des batteries d'accumulateurs lithium ion	71
A.3 Considérations concernant la tension de charge	71
A.3.1 Généralités	71
A.3.2 Limite supérieure de la tension de charge.....	71
A.4 Considérations relatives à la température et au courant de charge	73
A.4.1 Généralités	73
A.4.2 Plage de températures recommandées	74
A.4.3 Plage de températures élevées.....	74
A.4.4 Plage de températures basses.....	75
A.4.5 Domaine d'application du courant de charge.....	76
A.4.6 Considération relative à la décharge.....	77
A.5 Préparation de l'échantillon.....	78
A.5.1 Généralités	78
A.5.2 Procédure d'insertion d'une particule de nickel pour créer un court-circuit interne.....	78
A.5.3 Démontage de l'élément chargé.....	78
A.5.4 Forme de la particule de nickel	78
A.5.5 Insertion de la particule de nickel dans l'élément cylindrique	78
A.5.6 Insertion de la particule de nickel dans l'élément parallélépipédique	81
A.6 Procédure expérimentale de l'essai de court-circuit interne forcé	83
A.6.1 Matière et outils pour préparation d'une particule de nickel.....	83
A.6.2 Exemple de procédure de préparation d'une particule de nickel	84
A.6.3 Positionnement (ou mise en place) d'une particule de nickel.....	85
A.6.4 Précautions en cas de séparateur endommagé.....	85
A.6.5 Mise en garde lors du rembobinage du séparateur et de l'électrode	85
A.6.6 Film isolant pour la prévention des court-circuits	86
A.6.7 Mise en garde lors du démontage d'un élément	86
A.6.8 Équipement de protection pour la sécurité	86
A.6.9 Mise en garde en cas de feu lors du démontage	86
A.6.10 Mise en garde lors du processus de démontage et de serrage sous pression du noyau de l'électrode	86
A.6.11 Spécifications recommandées pour le dispositif de pressage	87
Annexe B (informative) Recommandations à l'attention des fabricants d'équipements et assembleurs de batteries	89
Annexe C (informative) Recommandations à l'attention des utilisateurs finaux	90
Annexe D (normative) Mesure de la résistance interne en courant alternatif des éléments boutons	91
D.1 Généralités	91
D.2 Méthode.....	91
Annexe E (informative) Emballage et transport	92
Annexe F (informative) Références des normes relatives aux composants.....	93
Bibliographie.....	94
Figure 1 – Graphique chronologique de la décharge forcée	64
Figure 2 – Gabarit de serrage sous pression.....	68

Figure 3 – Gabarit d'ingestion	69
Figure A.1 – Représentation de la région de fonctionnement des éléments lithium ion pour la charge.....	72
Figure A.2 – Représentation de la région de fonctionnement d'un élément lithium ion pour la décharge.....	77
Figure A.3 – Forme de la particule de nickel	78
Figure A.4 – Position d'insertion de la particule de nickel entre les zones enduites de matière active positive et négative dans un élément cylindrique.....	79
Figure A.5 – Position d'insertion de la particule de nickel entre la feuille d'aluminium positive et la zone imprégnée de matière active négative de l'élément cylindrique	79
Figure A.6 – Démontage d'un élément cylindrique.....	80
Figure A.7 – Position d'insertion de la particule de nickel entre les zones positive et négative enduites (de matière active) de l'élément parallélépipédique	81
Figure A.8 – Position d'insertion de la particule de nickel entre la feuille d'aluminium positive et la zone enduite (de matière active) négative de l'élément parallélépipédique	82
Figure A.9 – Démontage des éléments parallélépipédiques	83
Figure A.10 – Dimensions de la particule de nickel obtenue.....	84
Figure A.11 – Positionnement de la particule de nickel lorsqu'elle ne peut pas être placée dans la zone spécifiée	85
Figure A.12 – Élément cylindrique	86
Figure A.13 – Rapport distance / durée de plusieurs types de dispositifs de pressage	88
Tableau 1 – Effectif d'échantillon pour essais d'homologation	60
Tableau 2 – Condition de la procédure de charge	61
Tableau 3 – Conditions des essais de vibrations.....	65
Tableau 4 – Paramètres de choc	66
Tableau 5 – Température ambiante pour l'essai d'un élément	66
Tableau A.1 – Exemples de paramètres de charge d'une région de fonctionnement.....	72
Tableau A.2 – Spécifications recommandées pour un dispositif de pressage	87
Tableau F.1 – Références des normes relatives aux composants	93

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ACCUMULATEURS ALCALINS ET AUTRES
ACCUMULATEURS À ÉLECTROLYTE NON ACIDE –
EXIGENCES DE SÉCURITÉ POUR LES ACCUMULATEURS PORTABLES
ÉTANCHES, ET POUR LES BATTERIES QUI EN SONT CONSTITUÉES,
DESTINÉS À L'UTILISATION DANS DES APPLICATIONS PORTABLES –****Partie 2: Systèmes au lithium****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 et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62133-2 a été établie par le sous-comité 21A: Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide, du comité d'études 21 de l'IEC: Accumulateurs.

Cette première édition annule et remplace l'IEC 62133 parue en 2012. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC 62133:2012:

- séparation des systèmes au nickel dans une Partie 1 séparée;
- intégration des exigences en matière d'éléments boutons;
- mise à jour de l'assemblage des éléments dans les batteries (5.6);
- essais mécaniques [vibration, choc] (7.3.8.1, 7.3.8.2);
- insertion de l'IEC TR 62914 dans la Bibliographie.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
21A/620/FDIS	21A/628/RVD

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

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

Les différentes pratiques suivantes, à caractère moins permanent, existent dans les pays indiqués ci-après:

7.3.9: Évaluation de conception – L'essai de court-circuit interne forcé s'applique uniquement à la Corée, au Japon, à la Suisse et à la France.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62133, publiées sous le titre général *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Exigences de sécurité pour les accumulateurs portables étanches, et pour les batteries qui en sont constituées, destinés à l'utilisation dans des applications portables*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

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

**ACCUMULATEURS ALCALINS ET AUTRES
ACCUMULATEURS À ÉLECTROLYTE NON ACIDE –
EXIGENCES DE SÉCURITÉ POUR LES ACCUMULATEURS PORTABLES
ÉTANCHES, ET POUR LES BATTERIES QUI EN SONT CONSTITUÉES,
DESTINÉS À L'UTILISATION DANS DES APPLICATIONS PORTABLES –**

Partie 2: Systèmes au lithium

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62133 spécifie les exigences et les essais pour le fonctionnement en toute sécurité des accumulateurs portables étanches au lithium contenant un électrolyte non acide dans des conditions d'utilisations prévues et dans des conditions d'utilisations abusives raisonnablement prévisibles.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-482:2004, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 482: Piles et accumulateurs électriques* (disponible sous <http://www.electropedia.org>)

IEC 61960, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non-acide – Éléments et batteries d'accumulateurs au lithium pour applications portables*

Guide ISO/IEC 51, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60050-482 et du Guide ISO/IEC 51, ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

sécurité

absence de tout risque inacceptable

3.2

risque

combinaison de la probabilité d'occurrence de nuisance et de la sévérité de cette nuisance

3.3

nuisance

blessure physique ou atteinte à la santé des personnes ou dommage causé aux biens ou à l'environnement

3.4

danger

source potentielle de dommage

3.5

utilisation prévue

utilisation d'un produit, procédé ou service conformément aux spécifications, aux instructions et aux informations données par le fournisseur

3.6

utilisation abusive raisonnablement prévisible

utilisation d'un produit, procédé ou service dans des conditions ou à des fins non prévues par le fournisseur, mais qui peut provenir d'un comportement humain envisageable

3.7

élément d'accumulateur

unité de base fabriquée fournissant une source d'énergie électrique par la transformation directe d'énergie chimique, constituée d'électrodes, de séparateurs, d'électrolyte, d'un bac, et de bornes de connexion, et qui est conçue pour être chargée électriquement

3.8

batterie d'accumulateurs

ensemble d'éléments d'accumulateurs qui peuvent inclure des circuits de sécurité et de commande et un boîtier, prêts pour être utilisés comme une source d'énergie électrique caractérisée par sa tension, sa taille, la disposition de ses bornes de connexion, sa capacité et son régime assigné.

Note 1 à l'article: Inclut les batteries à un seul élément.

3.9

fuite

perte visible, imprévue, d'électrolyte liquide

3.10

échappement de gaz

libération de pression interne excessive, d'un élément d'accumulateur ou d'une batterie d'accumulateurs, conçue pour prévenir la rupture ou l'explosion

3.11

rupture

défaillance mécanique d'un bac d'élément ou d'un boîtier de batterie induite par une cause interne ou externe, qui conduit à une exposition des matériaux ou à l'échappement de liquide, mais non à une éjection de matériaux

3.12

explosion

défaillance qui se produit lorsqu'un bac d'élément ou un boîtier de batterie s'ouvre violemment et lorsque les composants principaux sont éjectés de manière violente

3.13

feu

émission de flammes d'un élément ou d'une batterie

3.14

batterie portable

accumulateur pour utilisation dans un dispositif ou un appareil qui est facilement portable à la main

3.15**élément portable**

élément prévu pour être assemblé dans une batterie portable

3.16**élément polymère lithium ion**

élément utilisant un électrolyte gel-polymère ou un électrolyte polymère solide et non un électrolyte liquide

3.17**capacité assignée**

valeur de la capacité d'un élément ou d'une batterie déterminée dans des conditions spécifiées et déclarée par le fabricant

Note 1 à l'article: La capacité assignée est la quantité d'électricité C_5 Ah (ampères-heures) déclarée par le fabricant, qu'un élément individuel est capable de restituer en décharge au courant d'essai de référence de $0,2 I_t$ A jusqu'à une tension finale spécifiée, après charge, repos et décharge, dans les conditions spécifiées.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-15, modifiée – Dans la définition, "d'une batterie" est devenu "d'un élément ou d'une batterie". Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.18**courant d'essai de référence**

I_t

courant de charge ou de décharge, exprimé sous la forme d'un multiple de I_t A, où I_t A = C_5 Ah/1 h, tel que défini dans l'IEC 61434, qui repose sur la capacité assignée (C_5 Ah) de l'élément ou de la batterie

3.19**limite supérieure de la tension de charge**

tension de charge la plus élevée dans la région de fonctionnement de l'élément, spécifiée par le fabricant de l'élément

3.20**courant de charge maximum**

courant de charge maximum dans la région de fonctionnement de l'élément, spécifié par le fabricant de l'élément

3.21**élément bouton****pile bouton****batterie bouton**

élément ou batterie de petite taille de forme ronde dont la hauteur totale est inférieure au diamètre

Note 1 à l'article: En anglais, le terme "coin cell" or "coin battery" est utilisé pour les batteries au lithium uniquement, alors que le terme "button cell" or "button battery" est utilisé uniquement pour les batteries non composées de lithium. Dans les autres langues, les termes "coin" et "button" sont souvent utilisés de manière interchangeable, indépendamment du système électrochimique.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004 482-02-40, modifiée – Les termes "pile bouton" et "batterie bouton" ont été ajoutés. La NOTE "En pratique, le terme élément bouton est utilisé exclusivement pour des piles au lithium non aqueuses." a été remplacée par la Note 1 à l'article.]

3.22**élément cylindrique**

élément de forme cylindrique dans laquelle la hauteur totale est supérieure ou égale au diamètre

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-39]

3.23

élément parallélépipédique

élément ayant la forme d'un parallélépipède dont les faces sont rectangulaires

Note 1 à l'article: Les éléments parallélépipédiques peuvent être fournis avec soit un boîtier métallique rigide, soit une enveloppe souple.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-38, modifiée – Le terme source est "parallélépipédique" (adj.). Dans la définition, "qualifie un élément ou une batterie" est devenu "élément". Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.24

bloc d'éléments

montage en parallèle

assemblage d'éléments ou de batteries dans lequel toutes les bornes positives et toutes les bornes négatives sont respectivement reliées entre elles

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-39, modifiée – Le terme "bloc d'éléments" a été ajouté.]

3.25

sécurité fonctionnelle

partie de la sécurité générale qui dépend des unités fonctionnelles et physiques fonctionnant correctement en réponse à leurs entrées

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-57-06]

3.26

tension finale

tension d'arrêt

tension spécifiée pour laquelle la décharge de la batterie est terminée

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-30]

4 Tolérances de mesure relatives aux paramètres

L'exactitude globale des valeurs contrôlées ou mesurées, par rapport aux paramètres spécifiés ou réels, doit respecter les tolérances suivantes:

- a) $\pm 1 \%$ pour la tension;
- b) $\pm 1 \%$ pour le courant;
- c) $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ pour la température;
- d) $\pm 0,1 \%$ pour le temps;
- e) $\pm 1 \%$ pour les dimensions;
- f) $\pm 1 \%$ pour la capacité.

Ces tolérances comprennent l'exactitude combinée des appareils de mesure, des techniques de mesure utilisées et de toutes les autres sources d'erreur liées à la méthode d'essai.

Les détails relatifs aux appareils utilisés doivent être fournis dans chaque rapport de résultats.

5 Considérations générales de sécurité

5.1 Généralités

La sécurité des éléments et des batteries d'accumulateurs exige la prise en compte de deux ensembles de conditions d'utilisation:

- 1) utilisation prévue;
- 2) l'utilisation abusive raisonnablement prévisible.

Les éléments et les batteries d'accumulateurs doivent être conçus et construits de manière telle qu'ils soient sûrs dans les conditions d'utilisation prévues et dans les conditions d'utilisation abusives raisonnablement prévisibles. Il est admis que les accumulateurs soumis à une utilisation abusive puissent être défaillants après une telle utilisation. Ils ne doivent cependant pas présenter de dangers significatifs. Par ailleurs, les accumulateurs utilisés dans les conditions normales doivent non seulement être sûrs, mais doivent aussi continuer à être fonctionnels en tous points.

Les dangers potentiels qui font l'objet du présent document sont:

- le feu,
- l'éclatement/l'explosion,
- la fuite de l'électrolyte d'un élément,
- l'échappement de gaz,
- les brûlures résultant de températures externes excessivement élevées,
- la rupture du boîtier de batterie avec exposition des constituants internes.

La conformité aux spécifications de 5.2 à 5.7 pour les éléments et les batteries, autres que les éléments boutons, présentant une résistance interne supérieure à 3 Ω , est vérifiée par examen, par les essais de l'Article 7 et conformément à la norme appropriée (voir l'Article 2 et le Tableau 1). La résistance interne est à mesurer conformément à l'Annexe D.

5.2 Isolement et câblage

La résistance d'isolement entre la borne positive et les surfaces métalliques externes exposées de la batterie, à l'exclusion des surfaces de contact électrique, ne doit pas être inférieure à 5 M Ω sous 500 V en courant continu, mesurée 60 s après application de la tension.

Il convient que le câblage interne et son isolement soient suffisants pour satisfaire aux exigences maximales prévisibles de courant, de tension et de température. Il convient que l'orientation du câblage soit de nature à maintenir les distances adéquates d'isolement et les lignes de fuite entre les conducteurs. Il convient que l'intégrité mécanique des connexions internes soit suffisante pour s'adapter aux conditions d'utilisations abusives raisonnablement prévisibles (c'est-à-dire qu'une soudure seule n'est pas considérée comme un moyen fiable de connexion).

5.3 Échappement de gaz

Les boîtiers des éléments et des batteries d'accumulateurs doivent être munis d'un mécanisme de libération de pression ou doivent être construits de telle sorte qu'ils libèrent la pression interne en excès à une valeur et à un régime permettant de prévenir la rupture, l'explosion et l'inflammation spontanée. Si le surmoulage est utilisé pour maintenir les éléments dans un boîtier extérieur, le type de produit et la méthode de surmoulage ne doivent entraîner ni une surchauffe de la batterie au cours d'un fonctionnement normal, ni le blocage du mécanisme de libération de pression.

5.4 Gestion de la température, de la tension et du courant

La conception des batteries doit être de nature à prévenir tout échauffement anormal. Les batteries doivent être conçues pour être dans les limites de température, de tension et de courant spécifiées par le fabricant des éléments. Les batteries doivent être accompagnées de spécifications et d'instructions de charge pour les fabricants de matériel de façon à concevoir les chargeurs associés en maintenant la charge dans les limites spécifiées de température, de tension et de courant.

5.5 Contacts des bornes

La taille et la forme des contacts des bornes doivent permettre le transport du courant maximal prévu. Les surfaces de contact des bornes externes doivent être constituées de matériaux conducteurs, avec une bonne résistance mécanique et une bonne résistance à la corrosion. Les contacts des bornes doivent être disposés de façon à minimiser le risque de court-circuit.

5.6 Assemblage des éléments dans les batteries

5.6.1 Généralités

Il convient que chaque batterie dispose d'une protection et d'un contrôle indépendants pour le courant, la tension, la température et tout autre paramètre nécessaire à la sécurité et au maintien des éléments dans leur région de fonctionnement. Toutefois, cette protection peut être fournie à l'extérieur de la batterie, par exemple à l'intérieur du chargeur ou des dispositifs finaux. Si la protection est externe à la batterie, le fabricant de la batterie doit fournir les informations de sécurité appropriées au fabricant du dispositif externe pour mise en œuvre.

Si plusieurs batteries sont placées dans un seul boîtier de batterie, il convient que chaque batterie possède un circuit de protection capable de maintenir les éléments dans leurs régions de fonctionnement.

Les fabricants d'éléments doivent spécifier les limites de courant, de tension et de température, pour permettre au fabricant/concepteur de la batterie d'assurer une conception et un assemblage convenables (voir l'Annexe A).

Les batteries conçues pour la décharge sélective d'une partie de leurs éléments connectés en série doivent être munies de circuits permettant d'éviter le fonctionnement des éléments en dehors des limites spécifiées par le fabricant des éléments.

Il convient d'ajouter, si nécessaire, des composants aux circuits de protection et de tenir compte de l'application du dispositif final. Il convient que le fabricant de la batterie réalise une analyse de sécurité des circuits de sécurité de la batterie et fournisse un rapport d'essai comprenant une analyse des défaillances du circuit de protection dans des conditions de charge et de décharge pour confirmer la conformité.

5.6.2 Recommandation de conception

Il convient que la tension de chaque élément ou de chaque bloc d'éléments constitué de plusieurs éléments connectés en parallèle ne dépasse pas la limite supérieure de la tension de charge spécifiée dans le Tableau 2, sauf dans le cas où les dispositifs électroniques portatifs ou analogues possèdent une fonction équivalente.

Il convient que le concepteur du dispositif tienne compte de ce qui suit au niveau de la batterie.

- Dans le cas d'une batterie constituée d'un élément individuel ou d'un bloc individuel d'éléments, il est recommandé que la tension de charge de l'élément ne dépasse pas la limite supérieure de la tension de charge spécifiée dans le Tableau 2.

- Dans le cas d'une batterie constituée de plusieurs éléments individuels connectés en série ou de plusieurs blocs d'éléments connectés en série, il est recommandé que les tensions de l'un quelconque des éléments individuels ou des blocs individuels d'éléments ne dépassent pas la limite supérieure de la tension de charge spécifiée dans le Tableau 2, en surveillant la tension de chaque élément individuel ou de chaque bloc individuel d'éléments.
- Dans le cas d'une batterie constituée de plusieurs éléments individuels connectés en série ou de plusieurs blocs d'éléments connectés en série, il est recommandé d'arrêter la charge en cas de dépassement de la limite supérieure de la tension de charge sur l'un quelconque des éléments individuels ou des blocs individuels d'éléments, en mesurant la tension de chaque élément ou de chaque bloc individuel d'éléments.
- Dans le cas de batteries constituées d'éléments ou de blocs d'éléments connectés en série, la tension de charge nominale ne doit pas être considérée comme une protection contre la surcharge.
- Dans le cas de batteries constituées d'éléments ou de blocs d'éléments connectés en série, il convient que les éléments connectés en série aient des capacités bien appariées, soient de même conception, appartiennent au même système électrochimique et proviennent du même fabricant.
- Il est recommandé que les éléments et les batteries ne soient pas déchargées au-delà de la tension finale spécifiée par le fabricant de l'élément.
- Dans le cas de batteries constituées d'éléments ou de blocs d'éléments connectés en série il est recommandé d'incorporer un circuit d'équilibrage des éléments dans le système de management de la batterie.

5.6.3 Protection mécanique des éléments et des composants de batteries

Il convient de fournir une protection mécanique pour les éléments, les connexions d'éléments et les circuits de commande à l'intérieur de la batterie pour prévenir les dommages dus à une utilisation prévue et à une utilisation abusive raisonnablement prévisible. La protection mécanique peut être assurée par le boîtier de batterie ou par l'enveloppe du produit final pour les batteries devant être installées dans un produit final.

Il convient que le boîtier de batterie et les compartiments abritant les éléments soient conçus de façon à tenir compte des tolérances dimensionnelles de l'élément au cours de la charge et de la décharge selon les recommandations du fabricant de l'élément.

Dans le cas de batteries prévues pour être installées dans un produit final portable, il convient de réaliser les essais avec la batterie placée à l'intérieur du produit final au moment d'effectuer les essais mécaniques.

5.7 Plan qualité

Le fabricant doit préparer et mettre en œuvre un plan qualité qui définit les procédures de contrôle des matériaux, des composants, des éléments et des batteries et qui couvre l'ensemble du processus de production de chaque type d'accumulateur. Il convient que les fabricants comprennent leurs capacités de traitement et il convient qu'ils mettent en place les contrôles de processus nécessaires concernant la sécurité des produits.

5.8 Composants de sécurité de la batterie

Voir l'Annexe F.

6 Essai d'homologation et effectif d'échantillon

Les essais sont effectués avec le nombre d'éléments ou de batteries spécifié dans le Tableau 1 en utilisant des éléments ou des batteries fabriqués depuis moins de six mois. La résistance interne des éléments boutons doit être mesurée selon l'Annexe D. Les éléments

boutons ayant une résistance interne inférieure ou égale à 3Ω doivent être soumis à l'essai conformément au Tableau 1. Sauf spécification contraire, les essais sont effectués à une température ambiante de $20 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$.

NOTE Les conditions d'essai s'appliquent seulement aux essais d'homologation et n'impliquent pas que l'utilisation prévue comprenne un fonctionnement dans ces conditions. De la même façon, la limite des six mois est introduite dans un souci de cohérence et n'implique pas que la sécurité de la batterie soit réduite après six mois.

Tableau 1 – Effectif d'échantillon pour essais d'homologation

Essai	Élément ^{a, d}	Batterie
7.2.1 Charge continue	5	–
7.2.2 Contrainte de moulage du boîtier	–	3
7.3.1 Court-circuit externe	5 par température	–
7.3.2 Court-circuit externe	–	5
7.3.3 Chute libre	3	3
7.3.4 Température abusive	5 par température	–
7.3.5 Écrasement	5 par température	–
7.3.6 Surcharge	–	5
7.3.7 Décharge forcée	5	–
7.3.8 Mécanique	–	
– 7.3.8.1 Vibration		3
– 7.3.8.2 Choc mécanique		3
7.3.9 Court-circuit interne forcé ^{b, c}	5 par température	–
D.2 Mesure de la résistance interne en courant alternatif pour les éléments boutons	3	–
^a Exclut les éléments boutons ayant une résistance interne supérieure à 3Ω . ^b Essai spécifique à certains pays: exigés que pour les pays cités. ^c Non applicable aux éléments boutons et aux éléments polymères lithium ion. ^d Pour les essais faisant appel à la procédure de charge de 7.1.2 (procédure 2): 5 éléments par température sont soumis à l'essai.		

Il convient que l'analyse de sécurité de 5.6.1 identifie les composants du circuit de protection qui sont critiques pour la protection contre les courts-circuits, les surcharges et les décharges excessives. Au moment d'effectuer l'essai de court-circuit, il convient de tenir compte de la simulation de toute condition de premier défaut susceptible de survenir dans le circuit de protection qui pourrait altérer les résultats de l'essai de court-circuit.

7 Exigences spécifiques et essais

7.1 Procédures de charge pour les besoins des essais

7.1.1 Première procédure

Cette procédure de charge s'applique aux paragraphes autres que ceux spécifiés en 7.1.2.

Sauf spécification contraire du présent document, la charge précédant les différents essais de décharge prévus est effectuée à une température ambiante de $20 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$, en utilisant la méthode déclarée par le fabricant.

Avant la charge, les éléments doivent être déchargés à $20 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$, à un courant constant de $0,2 I_t$ A, jusqu'à une tension finale spécifiée.

7.1.2 Deuxième procédure

Cette procédure de charge s'applique uniquement à 7.3.1, 7.3.4, 7.3.5, et 7.3.9.

Après stabilisation pendant 1 h et 4 h, respectivement, à la température ambiante de la température d'essai la plus haute et de la température d'essai la plus basse, comme spécifié dans le Tableau 2, les éléments sont chargés à la limite supérieure de la tension de charge et au courant de charge maximum jusqu'à ce que le courant de charge ait diminué jusqu'à $0,05 I_t$ A, en utilisant une méthode de charge à tension constante.

Tableau 2 – Condition de la procédure de charge

Limite supérieure de la tension de charge	Courant de charge maximum	Limite supérieure de la température de charge	Limite inférieure de la température de charge
Spécifiée par le fabricant des éléments	Spécifié par le fabricant des éléments	Spécifiée par le fabricant des éléments	Spécifiée par le fabricant des éléments

Voir les Figures A.1 et A.2 qui donnent un exemple de région de fonctionnement pour la charge et la décharge. Voir le Tableau A.1 qui présente une liste des compositions chimiques lithium ion et des exemples de paramètres des régions de fonctionnement.

Mise en garde: CES ESSAIS UTILISENT DES MÉTHODES QUI PEUVENT CONDUIRE À DES DOMMAGES SI DES PRÉCAUTIONS APPROPRIÉES NE SONT PAS PRISES. IL CONVIENT QUE LES ESSAIS NE SOIENT RÉALISÉS QUE PAR DES TECHNICIENS EXPÉRIMENTÉS ET QUALIFIÉS, UTILISANT UNE PROTECTION ADAPTÉE. POUR ÉVITER LES BRÛLURES, IL CONVIENT DE PRENDRE DES PRÉCAUTIONS CAR LES BOÎTIERS DE CES ÉLÉMENTS OU DE CES BATTERIES PEUVENT DÉPASSER 75 °C DU FAIT DE L'ESSAI.

7.2 Utilisation prévue

7.2.1 Charge continue à tension constante (éléments)

a) Exigence

Une charge continue à tension constante ne doit pas provoquer ni fuite, ni feu, ni explosion.

b) Essai

Les éléments complètement chargés sont soumis pendant 7 jours à une charge selon la méthode de charge spécifiée par le fabricant de l'élément avec courant et tension normalisés.

c) Critères d'acceptation

Pas de feu, pas d'explosion, pas de fuite.

7.2.2 Contrainte de moulage du boîtier à température ambiante élevée (batterie)

a) Exigence

Les constituants internes des batteries ne doivent pas être exposés en cours d'utilisation à haute température. Cette exigence s'applique uniquement aux batteries ayant un boîtier moulé.

b) Essai

Les batteries complètement chargées, selon la première procédure de 7.1.1, sont exposées à une température modérément élevée pour évaluer l'intégrité du boîtier. La batterie est placée dans une étuve à circulation d'air à une température de $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Les batteries restent dans l'étuve pendant 7 h et sont ensuite retirées pour revenir à la température ambiante.

c) Critères d'acceptation

Pas de déformations physiques du boîtier de la batterie entraînant une exposition des constituants internes de protection et des éléments.

7.3 Utilisation abusive raisonnablement prévisible

7.3.1 Court-circuit externe (élément)

a) Exigences

La mise en court-circuit des bornes négative et positive de l'élément, à température élevée, ne doit provoquer ni feu ni explosion.

b) Essai

Charger complètement chaque élément selon la seconde procédure de 7.1.2. Conserver à une température ambiante de $55\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Après stabilisation pendant 1 h à 4 h et toujours à une température ambiante de $55\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, l'élément est mis en court-circuit en reliant les bornes positive et négative avec une résistance externe totale de $80\text{ m}\Omega \pm 20\text{ m}\Omega$. L'élément reste en essai pendant 24 h ou jusqu'à ce que la température de la surface s'abaisse de 20 % de la température maximale atteinte selon ce qui se produit le plus rapidement.

c) Critères d'acceptation

Pas de feu, pas d'explosion.

7.3.2 Court-circuit externe (batterie)

a) Exigences

La mise en court-circuit des bornes négative et positive de la batterie ne doit provoquer ni feu ni explosion.

b) Essai

Une batterie complètement chargée selon la procédure de 7.1.1 est stockée à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. La batterie est ensuite mise en court-circuit en reliant les bornes positive et négative avec une résistance externe totale de $80\text{ m}\Omega \pm 20\text{ m}\Omega$. La batterie reste en essai pendant 24 h ou jusqu'à ce que la température du boîtier s'abaisse de 20 % de la température maximale atteinte, selon ce qui se produit le plus rapidement. Toutefois, en cas de diminution rapide du courant de court-circuit, il convient que la batterie reste en essai pendant une heure de plus après que le courant ait atteint un état stable en régime permanent. Ceci est caractéristique d'un état où la tension par élément (pour les éléments connectés en série uniquement) de la batterie est en dessous de 0,8 V et diminue de moins de 0,1 V au cours d'une période de 30 min.

Il convient de mettre un à quatre des cinq échantillons (en fonction du circuit de protection) en condition de premier défaut dans le circuit de protection contre les décharges avant d'effectuer l'essai de court-circuit. Une condition de premier défaut s'applique aux composants de protection tels que le transistor à effet de champ métal-oxyde-semi-conducteurs (MOSFET), le coupe-circuit, le thermostat ou la thermistance à coefficient de température positif (CTP).

NOTE Des exemples de conditions de premier défaut dans le circuit de protection contre les décharges peuvent inclure la mise en court-circuit d'un transistor de décharge à effet de champ métal-oxyde-semi-conducteurs, d'un coupe-circuit ou d'un autre dispositif de protection. Les dispositifs de protection qui satisfont aux exigences des normes applicables relatives aux composants telles que celles exposées dans l'Annexe F ou les circuits électroniques évalués pour vérifier leur sécurité fonctionnelle ne sont pas soumis aux conditions de premier défaut.

c) Critères d'acceptation

Pas de feu, pas d'explosion.

7.3.3 Chute libre

a) Exigences

La chute d'un élément ou d'une batterie (du haut d'un banc, par exemple) ne doit provoquer ni feu ni explosion.

b) Essai

Un essai de chute libre est effectué à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, en utilisant des éléments ou des batteries chargé(e)s jusqu'à un état complètement chargé, conformément à la première procédure de 7.1.1. Chaque élément ou batterie est lâché(e) trois fois d'une hauteur de 1,0 m sur un sol plat en béton ou un plancher métallique. La chute des éléments ou des batteries est réalisée de manière à obtenir des chocs selon des orientations aléatoires. Après l'essai, l'élément ou la batterie doit être mis(e) au repos pendant 1 h au minimum et un examen visuel doit ensuite être effectué.

c) Critères d'acceptation

Pas de feu, pas d'explosion.

7.3.4 Température abusive (éléments)

a) Exigences

Une température extrêmement élevée ne doit provoquer ni feu ni explosion.

b) Essai

Chaque élément complètement chargé selon la seconde procédure de 7.1.2, est placé dans une étuve à convection à circulation d'air ou par gravité à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ pendant 1 h. La température de l'étuve est augmentée à un rythme de $5\text{ °C/min} \pm 2\text{ °C/min}$ pour atteindre $130\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. L'élément reste à cette température pendant 30 min avant la fin de l'essai.

c) Critères d'acceptation

Pas de feu, pas d'explosion.

7.3.5 Ecrasement (éléments)

a) Exigences

Un écrasement important d'un élément ne doit provoquer ni feu ni explosion.

b) Essai

Chaque élément complètement chargé selon la seconde procédure, à la limite supérieure de la température de charge de 7.1.2, est immédiatement transféré et comprimé entre deux surfaces planes à la température ambiante. La force d'écrasement est appliquée au moyen d'un dispositif exerçant une force de $13\text{ kN} \pm 0,78\text{ kN}$. Une fois la force maximale appliquée ou l'obtention d'une chute brutale de tension du tiers de la tension d'origine, la force est relâchée.

Un élément cylindrique ou parallélépipédique est écrasé avec son axe longitudinal parallèle aux surfaces planes de l'appareil d'écrasement. Soumettre à l'essai uniquement la face large des éléments parallélépipédiques.

Un élément bouton doit être écrasé en appliquant la force sur sa surface plane.

c) Critères d'acceptation

Pas de feu, pas d'explosion.

7.3.6 Surcharge de la batterie

a) Exigences

La charge pendant des périodes plus longues que celles spécifiées par le fabricant ne doit provoquer ni feu ni explosion.

b) Essai

L'essai doit être effectué à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Chaque batterie d'essai doit être déchargée à un courant constant de $0,2\text{ }I_t\text{ A}$, jusqu'à une tension de décharge finale spécifiée par le fabricant. Les échantillons de batteries doivent ensuite être chargés à un courant constant de $2,0\text{ }I_t\text{ A}$, sous une tension d'alimentation qui est:

- égale à 1,4 fois la limite supérieure de la tension de charge présentée au Tableau A.1 (sans dépasser 6,0 V) pour les batteries composées d'un élément individuel ou d'un bloc d'éléments, ou

- égale à 1,2 fois la limite supérieure de la tension de charge présentée au Tableau A.1 par élément pour les batteries composées de plusieurs éléments connectés en série, et
- suffisante pour maintenir un courant de $2,0 I_t$ A pendant toute la durée de l'essai ou jusqu'à obtention de la tension d'alimentation.

Un thermocouple doit être fixé à chaque batterie d'essai.

La température des batteries équipées d'un boîtier doit être mesurée sur le boîtier en question. L'essai doit se poursuivre jusqu'à ce que la température du boîtier extérieur atteigne des conditions stabilisées (moins de 10 °C de variation par période de 30 min) ou revienne à la température ambiante.

c) Critères d'acceptation

Pas de feu, pas d'explosion.

7.3.7 Décharge forcée (éléments)

a) Exigences

Un élément doit résister à une inversion de polarité sans provoquer de feu ni d'explosion. Un dispositif de protection dans une batterie ou un système peut être adopté.

b) Essai

Décharger un élément individuel jusqu'à la limite inférieure de la tension de décharge spécifiée par le fabricant de l'élément.

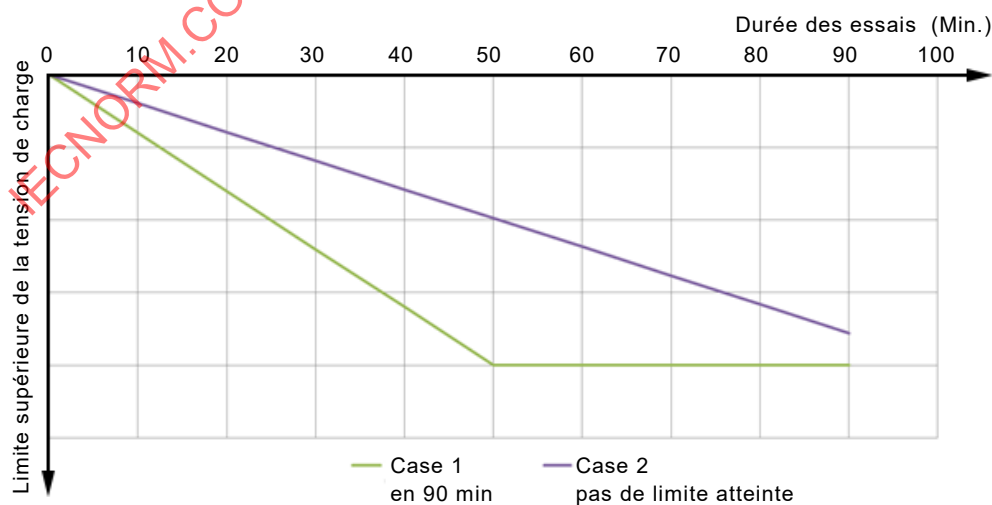
L'élément déchargé est ensuite soumis à une décharge forcée à $1 I_t$ A jusqu'à la valeur négative de la limite supérieure de la tension de charge. La durée totale de l'essai de décharge forcée est de 90 min.

Si la tension de décharge atteint la valeur négative de la limite supérieure de la tension de charge pendant la durée de l'essai, la tension doit être maintenue à la valeur négative de la limite supérieure de la tension de charge en réduisant le courant pendant la durée restante de l'essai. (Cas 1 de la Figure 1)

Si la tension de décharge n'atteint pas la valeur négative de la limite supérieure de la tension de charge pendant la durée de l'essai, l'essai doit être arrêté à la fin de la durée de l'essai. (Cas 2 de la Figure 1)

c) Critères d'acceptation

Pas de feu, pas d'explosion.



IEC

NOTE Les courbes représentées à la Figure 1 ne sont que des exemples, car les courbes (à l'exception du segment horizontal) peuvent ne pas être linéaires ou droites.

Figure 1 – Graphique chronologique de la décharge forcée

7.3.8 Essais mécaniques (batteries)

7.3.8.1 Vibrations

a) Exigences

Les vibrations subies en cours de transport et d'utilisation ne doivent provoquer ni fuite, ni feu, ni explosion.

b) Essai

Les batteries d'essai, complètement chargées selon la procédure de charge de 7.1.1, doivent être solidement fixées à la plateforme de la machine à vibrations sans les déformer de façon à transmettre fidèlement la vibration. Les batteries d'essai doivent être soumises à des vibrations sinusoïdales conformément au Tableau 3. Ce cycle doit être répété 12 fois en prévoyant environ 3 h pour chacune des trois positions de montage mutuellement perpendiculaires. L'une des directions doit être perpendiculaire à la surface de la borne.

c) Critères d'acceptation

Pas de feu, pas d'explosion, pas de rupture, pas de fuite ou d'échappement de gaz.

Tableau 3 – Conditions des essais de vibrations

Plage de fréquences Hz		Amplitudes	Durée du cycle de balayage logarithmique (7 Hz – 200 Hz – 7 Hz)	Axe	Nombre de cycles
de	à				
$f_1 = 7 \text{ Hz}$	f_2	A1 = 1 g_n	environ 15 min	X	12
f_2	f_3	S = 0,8 mm		Y	12
f_3	$f_4 = 200 \text{ Hz}$	A2		Z	12
et retour à $f_1 = 7 \text{ Hz}$				Total	36

NOTE L'amplitude de vibration est la valeur absolue maximale de déplacement ou d'accélération. Par exemple, une amplitude de déplacement de 0,8 mm correspond à un déplacement crête à crête de 1,6 mm.

Légende	
f_1, f_4	fréquence inférieure et supérieure
f_2, f_3	fréquences de transition
	– $f_2 \approx 17,62 \text{ Hz}$
	– $f_3 \approx 49,84 \text{ Hz}$
A1, A2	amplitude d'accélération
	– A2 = 8 g_n
S	amplitude de déplacement

7.3.8.2 Choc mécanique

a) Exigences

Les chocs subis en cours de transport et d'utilisation ne doivent provoquer ni fuite, ni feu, ni explosion. Cet essai simule des conditions brutales de manipulation en cours de transport et d'utilisation.

b) Procédure d'essai

Les batteries d'essai, complètement chargées selon la procédure de charge de 7.1.1, doivent être fixées à l'appareil d'essai au moyen d'un support rigide capable de soutenir toutes les surfaces de montage de chaque batterie d'essai. Chaque batterie d'essai doit être soumise à trois chocs dans chacune des directions des trois positions de montage de la batterie mutuellement perpendiculaires pour un total de 18 chocs. Pour chaque choc, les paramètres indiqués au Tableau 4 doivent être appliqués.

c) Critères d'acceptation

Aucune fuite, aucun échappement de gaz, aucune rupture, aucune explosion et aucun feu ne doivent se produire pendant cet essai.

Tableau 4 – Paramètres de choc

	Forme d'onde	Accélération maximale	Durée de l'impulsion	Nombre de chocs par moitié d'axe
Batteries	Demi-onde sinusoïdale	150 g_n	6 ms	3

7.3.9 Évaluation de la conception – Court-circuit interne forcé (éléments)

a) Exigences

Un essai de court-circuit interne forcé réalisé sur les éléments cylindriques et les éléments parallélépipédiques ne doit pas provoquer de feu. Les fabricants d'éléments doivent conserver un enregistrement pour satisfaire aux exigences. Une nouvelle évaluation de la conception doit être réalisée par le fabricant d'éléments ou par un laboratoire extérieur.

NOTE Cet essai spécifique à un pays n'est applicable qu'en France, au Japon, en Corée et en Suisse et n'est pas exigé sur les éléments polymères lithium ion.

b) Essai

L'essai de court-circuit interne forcé est effectué dans une enceinte selon la procédure suivante.

1) Nombre d'échantillons

Cet essai doit être effectué sur cinq éléments d'accumulateurs lithium ion par température d'essai.

2) Procédure de charge

i) Charge et décharge de préparation

L'échantillon doit être chargé à $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ conformément aux recommandations du fabricant. L'échantillon est ensuite déchargé à $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, à un courant constant de $0,2 I_t$ A, jusqu'à la tension finale spécifiée par le fabricant.

ii) Procédure de stockage

L'élément d'essai doit être stocké pendant 1 h à 4 h à la température ambiante, comme spécifiée dans le Tableau 5.

iii) Température ambiante

Tableau 5 – Température ambiante pour l'essai d'un élément ^a

Élément d'essai	Essai à la température d'essai la plus basse °C	Essai à la température d'essai la plus élevée °C
b) 2) ii)	10 ± 2	45 ± 2
b) 2) iv)	10 ± 2	45 ± 2
b) 3) i) A	5 ± 2	50 ± 2
b) 3) ii) A	10 ± 5	45 ± 5
^a L'essai est réalisé en utilisant les conditions du Tableau 2.		

iv) Procédure de charge pour l'essai de court-circuit interne forcé

L'élément d'essai doit être chargé à une température ambiante comme spécifiée dans le Tableau 5, à la limite supérieure de la tension de charge, au courant constant spécifié par le fabricant. Lorsque la limite supérieure de la tension de charge est atteinte, poursuivre la charge à tension constante jusqu'à ce que le courant de charge chute à $0,05 I_t$ A.

3) Presser le bobineau sur le mandrin d'enroulement avec une particule de nickel

Une enceinte contrôlée en température et une presse spéciale sont nécessaires pour l'essai.

Les parties mobiles de la presse doivent pouvoir se déplacer à vitesse constante et doivent pouvoir être arrêtées immédiatement lorsqu'un court-circuit interne est détecté.

i) Préparation pour l'essai

A La température de l'étuve est réglée comme spécifié dans le Tableau 5. Des indications concernant la préparation des échantillons sont fournies à l'Article A.5 et à la Figure A.6 et à la Figure A.9. Placer le bobineau et la particule de nickel dans un sac en feuille d'aluminium et mettre dans l'étuve pendant $45 \text{ min} \pm 15 \text{ min}$.

B Enlever le bobineau du sac étanche et fixer les prises de mesures de la tension et du thermocouple pour la température, à la surface du bobineau. Placer le bobineau dans le gabarit de montage pour localiser l'emplacement de la particule de nickel sous la presse.

Pour empêcher l'évaporation de l'électrolyte, achever le travail dans les 10 min qui suivent le retrait du bobineau de l'étuve pour le conditionnement en température jusqu'à la fermeture de la porte de l'étuve où est placé l'équipement.

C Retirer la feuille isolante et fermer la porte de l'étuve.

ii) Court-circuit interne

A Confirmer que la température de surface du bobineau est comme définie dans le Tableau 5 et démarrer l'essai.

B La surface inférieure de la partie mobile de la presse (c'est-à-dire, le gabarit de serrage sous pression) en caoutchouc nitrile ou en résine acrylique, est placée sur le fût en acier inoxydable de $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$. Le détail des gabarits de serrage sous pression est représenté à la Figure 2. La surface inférieure en caoutchouc nitrile est destinée à l'essai des éléments cylindriques. Pour l'essai des éléments parallélépipédiques, $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ (épaisseur de 2 mm) de résine acrylique est disposé sur le caoutchouc nitrile.

Le montage est abaissé à une vitesse de $0,1 \text{ mm/s}$ en surveillant la tension de l'élément. Lorsqu'une chute de tension provoquée par le court-circuit interne est détectée, arrêter immédiatement la descente, maintenir le gabarit de serrage sous pression dans cette position pendant 30 s, puis relâcher la pression. La tension est surveillée plus de 100 fois par seconde. Si la tension chute de plus de 50 mV par rapport à la tension initiale, il est déterminé qu'un court-circuit interne s'est produit. Si la force de pression atteint 800 N pour un élément cylindrique ou 400 N pour un élément parallélépipédique avant la chute de tension de 50 mV , arrêter immédiatement la descente.

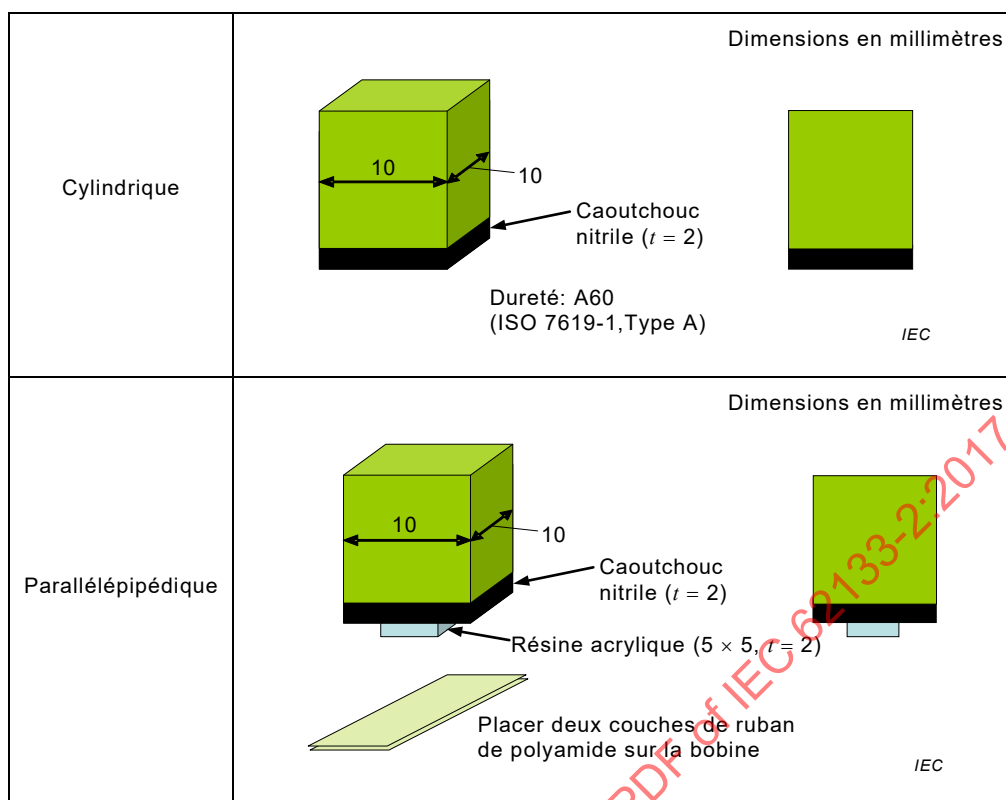


Figure 2 – Gabarit de serrage sous pression

c) Critères d'acceptation

Pas de feu. Enregistrer la force lorsqu'un court-circuit interne se produit s'il n'y a pas eu de feu.

8 Informations relatives à la sécurité

8.1 Généralités

L'utilisation, et en particulier l'utilisation abusive, d'accumulateurs portables étanches au lithium peut engendrer des dangers et provoquer des nuisances. Les fabricants d'accumulateurs doivent s'assurer que des informations sont fournies concernant les limites de courant, de tension et de température de leurs produits. Les fabricants d'accumulateurs doivent s'assurer que l'on fournit aux fabricants de matériels et, dans le cas de ventes directes, aux utilisateurs finaux, l'information nécessaire pour réduire au minimum et atténuer ces dangers.

Il incombe aux fabricants de matériels d'informer les utilisateurs finaux des dangers potentiels provenant de l'utilisation de matériels contenant des accumulateurs. Il convient que les fabricants d'équipements effectuent des analyses systèmes pour assurer qu'une conception de batterie particulière évite l'apparition de dangers pendant l'utilisation d'un produit. Il convient de fournir le cas échéant à l'utilisateur final toute information permettant d'éviter un danger qui résulte d'une analyse système.

Un guide relatif aux dangers éventuels est fourni dans l'IEC TR 62188 et des listes, non exhaustives, de bons conseils sont proposées pour information dans les Annexes B et C.

La conformité est vérifiée par examen des documents du fabricant.

Ne pas laisser des enfants remplacer des batteries sans la surveillance d'un adulte.

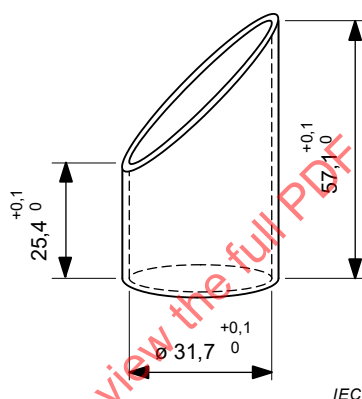
8.2 Informations relatives à la sécurité des éléments et batteries de petite taille

Les éléments et batteries de petite taille et les matériels utilisant des éléments et des batteries de petite taille doivent être accompagnés d'informations relatives aux dangers d'ingestion. Les éléments et batteries de petite taille qui peuvent présenter un danger d'ingestion sont ceux qui peuvent se trouver dans les limites du gabarit d'ingestion représenté à la Figure 3.

La mise en garde suivante est à fournir avec les informations accompagnant les éléments et les batteries de petite taille ou les matériels qui les utilisent:

- Conserver les éléments et les batteries de petite taille pouvant être ingérés hors de portée des enfants.
- L'ingestion peut donner lieu à des brûlures et à des perforations des tissus mous, et entraîner la mort. Des brûlures graves peuvent apparaître 2 h après l'ingestion.
- En cas d'ingestion d'un élément ou d'une batterie, consulter immédiatement un médecin.

Dimensions en millimètres



NOTE Ce gabarit définit un composant ingérable et est défini dans l'ISO 8124-1.

Figure 3 – Gabarit d'ingestion

9 Marquage

9.1 Marquage des éléments

Les éléments doivent être marqués comme spécifié dans l'IEC 61960, à l'exception des éléments boutons. Les éléments boutons dont la surface externe est trop petite pour contenir les marquages doivent indiquer la désignation et la polarité.

Conformément à l'accord convenu entre le fabricant de l'élément et le fabricant de la batterie et/ou du produit final, les éléments utilisés dans la fabrication d'une batterie n'ont pas besoin d'être marqués. Toutefois, le marquage des éléments peut être indiqué avec la batterie, les instructions et/ou les spécifications.

La conformité est vérifiée par examen.

9.2 Marquage des batteries

Les batteries doivent être marquées comme spécifié dans l'IEC 61960, à l'exception des batteries boutons. Les batteries boutons dont la surface externe est trop petite pour contenir les marquages doivent indiquer la désignation et la polarité. De plus, elles doivent porter une indication d'avertissement appropriée.

Les bornes doivent porter un marquage clair de polarité sur la surface externe de la batterie.

Exception: Les batteries avec connecteurs extérieurs à détrompeur conçues pour être connectées à des produits finaux spécifiques n'ont pas besoin de porter des marquages de polarité si la conception du connecteur extérieur empêche les connexions avec inversion de polarité.

La conformité est vérifiée par examen.

9.3 Mise en garde contre l'ingestion des éléments et batteries de petite taille

Les éléments et batteries boutons identifiés comme des petites batteries selon 8.2 doivent inclure une mise en garde relative aux dangers d'ingestion conformément à 8.2.

Si des éléments et des batteries de petite taille sont destiné(e)s à la vente directe dans des applications remplaçables par l'utilisateur, une mise en garde contre l'ingestion doit être portée sur l'emballage immédiat.

La conformité est vérifiée par examen.

9.4 Autres informations

Les informations suivantes doivent être marquées sur la batterie ou fournies avec celle-ci:

- instructions pour le stockage et la mise au rebut;
- instructions pour la charge recommandée.

La conformité est vérifiée par examen des marquages et des documents du fabricant.

10 Emballage et transport

La taille de l'emballage des éléments boutons doit être suffisante pour dépasser les limites du gabarit d'ingestion de la Figure 3.

Se reporter à l'Annexe E pour plus d'informations concernant l'emballage et le transport.

Annexe A (normative)

Plage de charge et de décharge des éléments d'accumulateurs lithium ion pour une utilisation en toute sécurité

A.1 Généralités

L'Annexe A complète les descriptions de la partie principale et des annexes. Elle constitue une partie du présent document.

A.2 Sécurité des batteries d'accumulateurs lithium ion

Pour assurer une utilisation en toute sécurité des batteries d'accumulateurs lithium ion, les fabricants qui conçoivent et fabriquent les éléments ou batteries d'accumulateurs lithium ion doivent observer strictement les exigences spécifiées dans le présent document. Dans le cas d'une limite supérieure de la tension de charge différente (c'est-à-dire, différente de celle des systèmes comme spécifié au Tableau A.1), il peut s'avérer approprié de régler limite supérieure de la tension de charge et les limites supérieures des températures de charge de manière à satisfaire aux critères des essais.

A.3 Considérations concernant la tension de charge

A.3.1 Généralités

La tension de charge doit être appliquée aux éléments d'accumulateurs de façon à favoriser la réaction chimique pendant la charge. Si toutefois la tension de charge est trop élevée, une réaction chimique excessive ou une réaction secondaire se produit et la batterie devient thermiquement instable. (Elle peut entrer en surchauffe et un emballement thermique peut se produire). Il est donc primordial que la tension de charge ne dépasse jamais la valeur spécifiée par le fabricant de la batterie. D'autre part, les fabricants de batteries doivent vérifier la sécurité des éléments d'accumulateurs qui sont chargés à la tension de charge spécifiée.

A.3.2 Limite supérieure de la tension de charge

A.3.2.1 Généralités

Les batteries d'accumulateurs lithium ion utilisant de l'oxyde de lithium et de cobalt comme matière active positive et du carbone comme matière négative sont communément utilisées. Dans ces batteries, la limite supérieure de la tension de charge, telle que définie au Tableau A.1, est spécifiée sur la base des spécifications du fabricant de l'élément avec une valeur d'exemple de 4,25 V pour l'élément lithium ion, qui est une limite supérieure de la tension de charge admissible du point de vue de la sécurité. La Figure A.1 représente la région de fonctionnement de base pour la charge.

A.3.2.2 Explication du point de vue de la sécurité

Lorsqu'une batterie lithium ion est chargée à une tension supérieure à la limite supérieure de la tension de charge, une quantité excessive d'ions lithium est désintercalée de la matière active de l'électrode positive et sa structure cristalline a tendance à s'affaïsser. Il devient en conséquence facile de produire de l'oxygène et de dépôt de lithium métallique sur la surface du carbone qui est utilisé comme matière négative.

Dans ces conditions, lorsqu'un court-circuit interne se produit, un emballement thermique peut survenir plus facilement que lorsque ladite batterie est chargée dans les conditions spécifiées.

En conséquence, il convient de ne jamais charger une batterie d'accumulateurs lithium ion à une tension supérieure à cette limite supérieure de la tension de charge recommandée. Un dispositif de protection approprié doit également être fourni en prévision d'une défaillance possible du contrôle de charge par le chargeur.

Pour un courant alternatif de plus de 50 kHz, ce qui suppose une ondulation, les indications ci-dessus ne sont pas applicables, car le lithium ion dans la batterie n'y répond pas.

Région de fonctionnement schématique d'un élément lithium ion

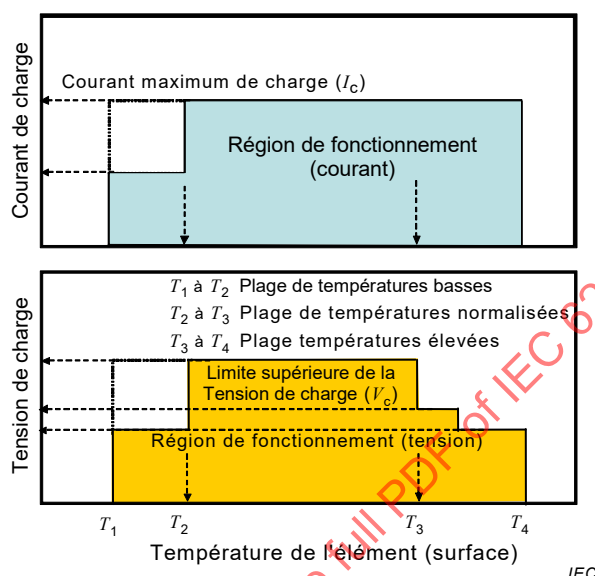


Figure A.1 – Représentation de la région de fonctionnement des éléments lithium ion pour la charge

Tableau A.1 – Exemples de paramètres de charge d'une région de fonctionnement

Type d'élément	Électrode positive	Électrolyte	Électrode négative	Limite supérieure de la tension de charge	Plage de températures recommandées (T_2 à T_3)
Élément lithium ion	Oxyde de métal de transition lithium (nickel, cobalt, manganèse, etc.)	Solution non aqueuse avec sel de lithium	Carbone	Spécifiée par le fabricant de l'élément (Exemple: 4,25 V/élément)	Spécifiée par le fabricant de l'élément (Exemple: 10 °C à 45 °C)
			Composé à base d'étain	Spécifiée par le fabricant de l'élément (Exemple: 4,25 V/élément)	Spécifiée par le fabricant de l'élément
			Oxyde de titane	Spécifiée par le fabricant de l'élément (Exemple: 2,85 V/élément)	Spécifiée par le fabricant de l'élément
	Phosphate de fer lithium		Carbone	Spécifiée par le fabricant de l'élément (Exemple: 3,80 V/élément)	Spécifiée par le fabricant de l'élément
Élément polymère au lithium ion	Oxyde de métal de transition lithium (nickel, cobalt, manganèse, etc.)	Gel-polymère avec sel de lithium	Carbone	Spécifiée par le fabricant de l'élément (Exemple: 4,25 V/élément)	Spécifiée par le fabricant de l'élément (Exemple: 10 °C à 45 °C)

A.3.2.3 Exigences de sécurité lorsqu'une limite supérieure différente de la tension de charge est appliquée

Il est parfois nécessaire de devoir appliquer des limites supérieures de la tension de charge différentes des valeurs indiquées au Tableau A.1 pour un élément lithium ion. Exemples:

- une matière active positive autre que de l'oxyde de lithium et de cobalt est utilisée;
- le rapport entre la capacité de l'électrode positive et celle de l'électrode négative est modifié du point de vue de la conception.

Lorsqu'une limite supérieure de la tension de charge différente des valeurs indiquées au Tableau A.1 est à appliquer à des éléments d'accumulateurs lithium ion, les essais spécifiés de 7.2 à 7.3 doivent être effectués en utilisant des éléments qui sont chargés à la limite supérieure différente de la tension de charge. D'autre part, les documents appropriés expliquant les raisons de la modification de la limite supérieure de la tension de charge doivent être conservés de façon à pouvoir utiliser ladite tension différente en tant que nouvelle limite supérieure de la tension de charge.

Des exemples de ces documents expliquant les raisons de la modification de la tension de charge limite supérieure sont les suivants:

- a) résultats d'essai vérifiant que la stabilité de la structure cristalline de la matière de l'électrode active positive lorsque l'élément est chargé à une tension supérieure aux valeurs spécifiées au Tableau A.1 est équivalente ou meilleure que lorsque l'élément est chargé aux valeurs spécifiées;
- b) résultats d'essai vérifiant que l'acceptation du lithium dans la matière de l'électrode active négative lorsque l'élément est chargé à une tension supérieure aux valeurs spécifiées au Tableau A.1 est équivalente ou meilleure que lorsque l'élément est chargé aux valeurs spécifiées;
- c) résultats d'essai vérifiant que les éléments chargés à la nouvelle limite supérieure de la tension de charge (supérieure aux valeurs spécifiées au Tableau A.1) sont soumis à essai au moyen des méthodes d'essai à la limite supérieure de la plage de températures élevées et les exigences nécessaires sont satisfaites;
- d) résultats d'essai vérifiant que les éléments chargés à une tension inférieure aux valeurs spécifiées au Tableau A.1 sont soumis à essai au moyen des méthodes d'essai à la limite supérieure de la plage de températures élevées et les exigences nécessaires sont satisfaites.

A.4 Considérations relatives à la température et au courant de charge

A.4.1 Généralités

La charge produit une réaction chimique qui est influencée par la température. L'importance de la réaction secondaire ou l'état des produits de charge dépend de la température, même lorsque la même limite supérieure de la tension de charge et le même courant de charge sont utilisés.

Par conséquent, la limite supérieure de la tension de charge ou le courant de charge maximum ou les deux doivent être réduits à la fois dans la plage de températures basses et dans la plage de températures élevées. Ces conditions sont considérées comme étant plus sévères que la plage de températures normalisées du point de vue de la sécurité.

La Figure A.1 représente une région de fonctionnement de base dans laquelle les batteries de type lithium ion peuvent être chargées en toute sécurité.

A.4.2 Plage de températures recommandées

A.4.2.1 Généralités

Dans la plage de températures normalisées, les éléments d'accumulateurs peuvent être chargés à la fois à la limite supérieure de la tension de charge et au courant de charge maximum spécifié du point de vue de la sécurité.

La limite supérieure de la température d'essai et la limite inférieure de la température d'essai sont respectivement spécifiées comme la plus haute limite et la plus basse limite de la température normalisée. Par exemple, la plage de températures recommandées de certaines batteries lithium ion utilisant de l'oxyde de lithium et de cobalt comme matière active positive et du carbone comme matière négative est spécifiée de 10 °C à 45 °C.

A.4.2.2 Considérations de sécurité lorsqu'une plage différente de températures recommandées est appliquée

Dans certains éléments d'accumulateurs, une plage différente de températures recommandées autre que celle comprise entre 10 °C et 45 °C est appliquée en raison de la différence de stabilité thermique de l'électrolyte et d'autres facteurs. Lorsqu'une nouvelle plage de températures recommandées est appliquée, les essais spécifiés de 7.2 à 7.3 doivent être effectués en utilisant des éléments qui sont chargés à la température d'essai différente. D'autre part, les documents appropriés expliquant les raisons de la modification de la température d'essai doivent être conservés de façon à pouvoir utiliser la température différente.

Des exemples de ces documents, expliquant les raisons de la modification de la température d'essai sont les suivants:

- a) résultats d'essai vérifiant que la stabilité de la structure cristalline de la matière de l'électrode active positive, lorsque l'élément est chargé à la nouvelle limite supérieure de la température d'essai, supérieure à 45 °C (plus haute limite de la plage de températures normalisées pour les éléments de type lithium ion), est équivalente ou meilleure que lorsque l'élément est chargé à 45 °C;
- b) résultats d'essai vérifiant que les éléments, chargés à la nouvelle limite supérieure de la température d'essai (supérieure à 45 °C + 5 °C) et utilisant la limite supérieure de la tension de charge, sont soumis à essai au moyen des méthodes d'essai spécifiées de 7.2 à 7.3;
- c) résultats d'essai vérifiant que l'acceptation du lithium dans la matière active négative lorsque l'élément est chargé à la nouvelle limite inférieure de la température d'essai, inférieure à 10 °C, est équivalente ou meilleure que lorsque l'élément est chargé à 10 °C;
- d) résultats d'essai vérifiant que les éléments, chargés à la nouvelle limite inférieure de la température d'essai (inférieure à 10 °C à 5 °C) et utilisant la limite supérieure de la tension de charge, sont soumis à essai au moyen des méthodes d'essai spécifiées de 7.2 à 7.3.

A.4.3 Plage de températures élevées

A.4.3.1 Généralités

Dans la plage de températures élevées, la température est supérieure à celle de la plage de températures normalisées. Dans la plage de températures élevées, la charge est autorisée en chargeant à une tension inférieure à la limite supérieure de la tension de charge qui est spécifiée pour la plage de températures normalisées.

A.4.3.2 Explication du point de vue de la sécurité

Lorsque le lithium ion est chargé à une température supérieure dans les mêmes conditions que dans la plage de températures normalisées, une plus grande quantité de lithium est désintercalée par rapport à la matière active de l'électrode positive. Dans la mesure où

l'augmentation de la quantité de lithium désintercalé conduit à une dégradation de la stabilité de la structure cristalline, la performance de sécurité de la batterie a tendance à diminuer.

D'autre part, la différence de température entre la plage de températures élevées et celle à laquelle un emballement thermique se produit est relativement faible. En conséquence, en cas d'accident tel qu'un court-circuit interne, il est plus facile à la batterie d'atteindre ladite température.

En conséquence, les conditions de charge sont spécifiées différemment dans la plage de températures élevées, comme suit.

- Lorsque la température de surface de l'élément lithium ion est supérieure à la limite supérieure de la température d'essai, une condition de charge différente spécifiée spécialement pour la plage de températures élevées est appliquée.
- Lorsque la température de surface de l'élément lithium ion est supérieure à la limite supérieure de la plage de températures élevées, ladite batterie ne doit jamais être chargée sous un courant de charge.

A.4.3.3 Considérations de sécurité lors de la spécification des conditions de charge dans la plage de températures élevées

Les conditions de charge dans la plage de températures élevées sont parfois spécifiées en fonction de la stabilité thermique de l'électrolyte et d'autres facteurs. Lorsque les conditions de charge dans la plage de températures élevées sont à spécifier, les éléments d'essai doivent être chargés dans ces conditions et soumis à essai par les méthodes d'essai spécifiées de 7.2 à 7.3.

A.4.3.4 Considérations de sécurité lors de la spécification de la nouvelle limite supérieure dans la plage de températures élevées

Dans certains cas, une limite supérieure différente dans la plage de températures élevées, autre que celle indiquée à la Figure A.1, est appliquée en raison de la différence de stabilité thermique de la matière active de l'électrode positive et d'autres facteurs. Lorsqu'une nouvelle limite supérieure de la plage de températures élevées doit être adoptée, les essais spécifiés de 7.2 à 7.3 doivent être effectués. D'autre part, les documents appropriés expliquant les raisons de la modification de la plage de températures élevées doivent être conservés de façon à pouvoir utiliser la plage de températures élevées différente.

Des exemples de ces documents, expliquant les raisons de la modification de la plage de températures élevées, sont les suivants:

- a) résultats d'essai vérifiant que la stabilité de la structure cristalline des matières de l'électrode active positive lorsque l'élément est chargé à la nouvelle limite supérieure de la plage de températures élevées est équivalente ou meilleure que lorsque l'élément est chargé à la limite supérieure de la plage de températures élevées réelle;
- b) résultats d'essai vérifiant que les éléments, chargés à la nouvelle limite supérieure de la plage de températures élevées + 5 °C et soumis à essai au moyen des méthodes spécifiées de 7.2 à 7.3, satisfont aux exigences.

A.4.4 Plage de températures basses

A.4.4.1 Généralités

Dans la plage de températures basses, la température est inférieure à celle de la plage de températures normalisées. Dans la plage de températures basses, la charge de la batterie est admise en modifiant la limite supérieure de la tension de charge ou le courant de charge maximum ou les deux, qui sont spécifiés pour la plage de températures normalisées.

A.4.4.2 Explication du point de vue de la sécurité

Lorsqu'une batterie lithium ion est chargée dans la plage de températures basses, le taux de transfert de masse diminue et le taux d'insertion lithium ion dans la matière active de l'électrode négative devient faible. En conséquence, du lithium métallique se dépose facilement sur la surface de l'électrode négative. Dans ces conditions, la batterie devient thermiquement instable et peut surchauffer et conduire à un emballement thermique.

D'autre part, dans la plage de températures basses, l'acceptation du lithium ion dépend fortement de la température. En conséquence, dans une batterie lithium ion constituée de plusieurs éléments connectés en série, l'acceptation du lithium ion par ces éléments peut être différente en raison des différences de température. Dans ce cas, une sécurité suffisante peut ne pas être garantie.

En conséquence, les conditions de charge sont spécifiées différemment dans la plage de températures basses, comme suit.

- Lorsque la température de surface des éléments lithium ion est inférieure à la limite inférieure de la température d'essai, des conditions de charge différentes spécifiées spécialement pour la plage de températures basses sont appliquées.
- Lorsque la température de surface des éléments lithium ion est inférieure à la limite inférieure de la plage de températures basses, la batterie ne doit jamais être chargée sous un courant de charge.

A.4.4.3 Considérations de sécurité lors de la spécification des conditions de charge dans la plage de températures basses

Les conditions de charge dans la plage de températures basses sont parfois spécifiées en fonction des facteurs de conception, par exemple l'acceptation du lithium dans la matière active de l'électrode négative. Lorsque les conditions de charge dans la plage de températures basses sont à spécifier, les éléments d'essai doivent être chargés dans ces conditions et soumis à essai par les méthodes d'essai spécifiées de 7.2 à 7.3 et satisfaire aux exigences.

A.4.4.4 Considérations de sécurité lors de la spécification de la nouvelle limite inférieure dans la plage de températures basses

Dans certains cas, une limite inférieure différente dans la plage de températures basses autre que celle indiquée à la Figure A.1 est appliquée. Ceci peut être dû à la différence d'acceptation du lithium dans la matière active de l'électrode négative et à d'autres facteurs. Lorsqu'une nouvelle limite inférieure dans la plage de températures basses est à adopter, les essais spécifiés de 7.2 à 7.3 doivent être effectués et les exigences satisfaites. D'autre part, les documents appropriés expliquant les raisons de la modification de la plage de températures basses doivent être conservés.

Des exemples de ces documents, expliquant les raisons de la modification de la plage de températures basses, sont les suivants:

- a) résultats d'essai vérifiant que l'acceptation du lithium dans la matière active de l'électrode négative lorsque l'élément est chargé à la nouvelle limite inférieure de la plage de températures basses est équivalente ou meilleure que lorsque l'élément est chargé à la limite la plus basse de la plage de températures basses réelle.
- b) résultats d'essai vérifiant que les éléments, chargés à la nouvelle limite inférieure de la plage de températures basses – 5 °C et soumis à essai au moyen des méthodes spécifiées de 7.2 à 7.3, satisfont aux exigences.

A.4.5 Domaine d'application du courant de charge

Le courant de charge, tel que spécifié ci-dessus, n'est pas appliqué à un courant alternatif de plus de 50 kHz, ce qui suppose une ondulation et d'autres phénomènes, car les batteries