

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
1438**

Première édition
First edition
1996-12

**Risques potentiels pour la santé et la sécurité
liés à l'emploi des accumulateurs alcalins –**

**Guide à l'usage des fabricants d'équipements
et des utilisateurs**

**Possible safety and health hazards in the use
of alkaline secondary cells and batteries –**

Guide to equipment manufacturers and users



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1438: 1996

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

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

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

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

Graphical and letter symbols

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

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**RAPPORT
TECHNIQUE – TYPE 2**

**TECHNICAL
REPORT – TYPE 2**

**CEI
IEC
1438**

Première édition
First edition
1996-12

**Risques potentiels pour la santé et la sécurité
liés à l'emploi des accumulateurs alcalins –**

**Guide à l'usage des fabricants d'équipements
et des utilisateurs**

**Possible safety and health hazards in the use
of alkaline secondary cells and batteries –**

Guide to equipment manufacturers and users

© CEI 1996 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
 Articles	
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Définitions	12
4 Conseils généraux de sécurité	12
5 Risques d'explosion.....	12
6 Rupture sous pression.....	18
7 Brûlures chimiques (dus à l'électrolyte)	22
8 Risques liés à des niveaux d'énergie élevés	24
9 Niveaux de tension élevés (chocs électriques)	26
10 Emballément thermique.....	26
11 Mise au rebut – élimination	28
12 Autres recommandations	30

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 61438:1996

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	9
Clause	
1 Scope.....	11
2 Normative references	11
3 Definitions	13
4 General safety advice	13
5 Explosion hazards	13
6 Pressure rupture	19
7 Chemical burns (electrolyte)	23
8 High power level hazard	25
9 High voltage levels (shock)	27
10 Thermal runaway.....	27
11 Disposal.....	29
12 Other recommendations	31

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 61438:1996

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RISQUES POTENTIELS POUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ LIÉS À L'EMPLOI DES ACCUMULATEURS ALCALINS –

GUIDE À L'USAGE DES FABRICANTS D'ÉQUIPEMENTS ET DES UTILISATEURS

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes Internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques de type 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**POSSIBLE SAFETY AND HEALTH HAZARDS IN THE USE
OF ALKALINE SECONDARY CELLS AND BATTERIES –
GUIDE TO EQUIPMENT MANUFACTURERS AND USERS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example “state of the art”.

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

La CEI 1438, rapport technique de type 2, a été établie par le sous-comité 21A: Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide, du comité d'études 21 de la CEI: Accumulateurs.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
21A/185A/CDV	21A/201/RVC

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

Le présent document est publié dans la série des rapports techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.3.2.2 de la partie 1 des Directives CEI/ISO) comme «norme prospective d'application provisoire» dans le domaine **des accumulateurs alcalins** car il est urgent d'avoir des indications dans ce domaine d'application.

Ce document ne doit pas être considéré comme une «Norme internationale». Il est proposé pour une mise en oeuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de le transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 61438:1996

IEC 1438, which is a technical report of type 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.

The text of this technical report is based on the following documents:

Committee draft	Report on voting
21A/185A/CDV	21A/201/RVC

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

This document is issued in the type 2 technical report series of publications (according to G.3.2.2 of part 1 of the IEC/ISO Directives) as a “prospective standard for provisional application” in the field of **alkaline secondary cells and batteries** because there is an urgent requirement for guidance in this field of application.

This document is not to be regarded as an “International Standard”. It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the contents of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this type 2 technical report will be carried out not later than three years after its publication, with the options of either extension for another three years, conversion into an International Standard, or withdrawal.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 1438:1996

INTRODUCTION

Bien que les accumulateurs nickel-cadmium soient utilisés de façon sûre, leur application et leur emploi peuvent présenter, sous certaines conditions, des niveaux de danger indésirables pour les personnes ou pour les biens. Les ingénieurs d'application et les autres personnes techniquement compétentes peuvent contribuer à réduire ces risques par une bonne compréhension des caractéristiques fondamentales des éléments nickel-cadmium et des conditions qui conduisent à ces risques. Cette connaissance aura pour effet d'encourager la prise en compte de la réduction des risques à la conception de l'accumulateur ou du système, ou bien, si le risque est inévitable, de donner à l'utilisateur final les informations nécessaires en matière de protection et de sécurité.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 61438:1996

INTRODUCTION

Although nickel-cadmium cells and batteries are being safely used, their application and use can, under certain circumstances, present undesirable levels of risk to persons or property. Reduction of these risks can best be achieved through full understanding, by application engineers and other technically competent persons, of the fundamental characteristics of nickel-cadmium cells and the conditions which generate hazards. This knowledge will encourage the incorporation of risk reduction into battery and system design or, if the risk is unavoidable, the provision of information on safety and protection measures to be employed by end-users.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 61438:1996

RISQUES POTENTIELS POUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ LIÉS À L'EMPLOI DES ACCUMULATEURS ALCALINS –

GUIDE À L'USAGE DES FABRICANTS D'ÉQUIPEMENTS ET DES UTILISATEURS

1 Domaine d'application

L'objet de ce rapport technique est d'informer les ingénieurs d'application des systèmes et des équipements sur les aspects techniques des risques potentiels. Il est de la responsabilité du concepteur de transposer ces informations dans l'application, dès la conception, et dans les instructions d'utilisation. Dans le cas d'éléments individuels ou d'accumulateurs vendus directement par le fabricant à l'utilisateur final, il convient que le fabricant fournisse ces informations.

Ce rapport technique décrit les conditions fondamentales nécessaires à la création de chaque risque. Il couvre l'identification et la caractérisation des risques potentiels inhérents à l'application, à l'emploi et à l'emploi abusif des accumulateurs nickel-cadmium. Il comprend également des exemples de conception d'appareils minimisant ces risques. En outre, il présente, de manière non exhaustive, quelques exemples types d'emploi abusif qui peuvent aggraver le risque, ou d'actions qui peuvent l'atténuer.

Les risques potentiels qui font l'objet de ce rapport sont:

- a) explosion due à l'hydrogène;
- b) rupture sous pression;
- c) brûlures chimiques (dus à l'électrolyte);
- d) niveaux d'énergie élevés (incendie suite à un court-circuit);
- e) niveaux de tension élevés (chocs électriques);
- f) emballement thermique;
- g) mise au rebut, élimination;
- h) risques divers.

Ces risques sont d'abord considérés de façon générale et ensuite en fonction des conditions spécifiques des éléments étanches ou des éléments ouverts.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour le présent rapport technique. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur le présent rapport technique sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 50(486): 1991, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 486: Eléments et batteries d'accumulateurs*

CEI 993: 1989, *Electrolyte pour éléments ouverts au nickel-cadmium*

POSSIBLE SAFETY AND HEALTH HAZARDS IN THE USE OF ALKALINE SECONDARY CELLS AND BATTERIES – GUIDE TO EQUIPMENT MANUFACTURERS AND USERS

1 Scope

The purpose of this technical report is to acquaint equipment and system application engineers with the technical aspects of possible hazards. It is the designer's responsibility to interpret this information into the application design and the user instructions. In the case of single cells or batteries sold directly by the manufacturer to the end-user, the manufacturer should supply this information.

This technical report outlines the fundamental conditions necessary for the creation of each hazard. It includes identification and characterization of the possible hazards inherent in the application, use and abuse of nickel-cadmium cells and batteries. It also includes examples for appliance design which minimize these hazards. Additionally, it presents some typical but non-exhaustive examples of misuse that may precipitate, or actions which mitigate, the hazard.

The possible hazards that are the subject of this report are:

- a) hydrogen explosion;
- b) pressure rupture;
- c) chemical burns (electrolyte);
- d) high power levels (shorting, fire);
- e) high voltage levels (shock);
- f) thermal runaway;
- g) disposal;
- h) miscellaneous.

These hazards are considered first in general, and then in terms of conditions specific for sealed cells and for vented cells.

2 Normative references

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

IEC 50(486): 1991, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 486: Secondary cells and batteries*

IEC 993: 1989, *Electrolyte for vented nickel-cadmium cells*

3 Définitions

Pour les besoins du présent rapport technique, les définitions de la CEI 50(486), ainsi que les définitions suivantes, s'appliquent:

3.1 bac d'élément: Godet, bac ou récipient, y compris le couvercle, entourant et enfermant les plaques, le séparateur et l'électrolyte d'un élément.

3.2 enveloppe d'accumulateur: Enveloppe entourant une batterie d'éléments d'accumulateurs.

NOTE – On désigne quelquefois l'enveloppe d'accumulateur sous le nom de coffre de batterie. Dans le cas de grands éléments ouverts, l'enveloppe peut être une salle entière.

3.3 dispositif de retenue des gaz: Tout espace capable d'accumuler et de conserver les gaz rejetés pendant l'emploi ou l'emploi abusif d'un accumulateur.

NOTE – Le dispositif de retenue des gaz peut être le bac d'élément ou l'enveloppe d'accumulateur ou les deux.

3.4 fonctionnement normal: Fonctionnement de l'accumulateur dans les limites de courant, tension, température et environnement mécanique prescrites par le fabricant.

4 Conseils généraux de sécurité

- a) Suivre les recommandations des fabricants pour la charge et la décharge, le transport, le stockage et l'emploi des accumulateurs nickel-cadmium.
- b) Suivre les instructions de sécurité des fabricants d'accumulateurs.
- c) Ne pas utiliser les accumulateurs qui ont été endommagés physiquement.
- d) Ne pas détruire les accumulateurs, ne pas les jeter au feu. Leur destruction ou leur incinération peut entraîner des risques divers.
- e) Faire preuve d'une extrême prudence en démontant les batteries. Ne pas démonter les éléments. Éviter d'insérer tout objet dans un élément, sauf ceux utilisés pour ajuster le niveau d'électrolyte.
- f) Suivre les réglementations locales pour l'élimination des accumulateurs.

NOTE – En raison de la relation inhérente entre la fonction de l'accumulateur nickel-cadmium et la cause fondamentale des risques, il n'est pas toujours possible d'éliminer ces risques à la conception de l'accumulateur.

5 Risques d'explosion

5.1 Notions générales essentielles

5.1.1 Vue d'ensemble

Ce sujet concerne l'inflammation d'un mélange explosif d'hydrogène et d'oxygène. L'hydrogène est explosif dans l'air pour des concentrations allant de 4 % à 75 % d'hydrogène par volume. La concentration explosive de l'hydrogène mélangé à l'oxygène s'étend de 4 % à 94 %. Le risque maximal d'explosion se produit à la concentration stœchiométrique de 66 %.

L'élément nickel-cadmium commence généralement à produire de l'hydrogène, de façon interne, lorsque la plaque négative approche de la pleine charge. L'oxygène est produit à l'intérieur de l'élément lorsque la plaque positive approche de la pleine charge.

3 Definitions

For the purpose of this technical report, the definitions of IEC 50(486) apply as well as the following definitions:

3.1 cell container: Cell can, cell case, or “jar” including lid or cover immediately surrounding and containing the plates, separator and the electrolyte.

3.2 battery enclosure: Enclosure surrounding the assembly of individual cells.

NOTE – The battery enclosure is sometimes referred to as the battery case or box, or in the case of large vented cells, the enclosure may be an entire room.

3.3 gas retainer: Any space capable of accumulating and retaining gases evolved during the use or abuse of a cell or battery.

NOTE – The gas retainer may be either the cell container or the battery enclosure or both.

3.4 normal operation: Operation of the cell within the range of current, voltage, cell temperature, and mechanical environment as prescribed by the manufacturer.

4 General safety advice

- a) Follow the manufacturer's recommendations on charging and discharging, handling, storage, and use of nickel-cadmium cells and batteries.
- b) Follow the battery manufacturer's safety instructions.
- c) Do not use cells which have been physically damaged.
- d) Do not mutilate or dispose of cells or batteries in fire. Various hazards may arise from mutilation or incineration.
- e) Use extreme caution if taking batteries apart. Do not disassemble cells. Avoid inserting any object into a cell except those used for electrolyte level adjustment.
- f) Follow the local regulations for battery disposal.

NOTE – Due to the inherent relationship between the function of the nickel-cadmium battery and the fundamental cause of the hazard, it is not always possible to eliminate these hazards through cell/battery design.

5 Explosion hazards

5.1 General fundamentals

5.1.1 Overview

This subject concerns the ignition of an explosive mixture of hydrogen and oxygen. Hydrogen is explosive in air in concentrations ranging from 4 % to 75 % hydrogen by volume. The explosive concentration of hydrogen when mixed with oxygen ranges from 4 % to 94 %. The maximum explosive risk is present with a stoichiometric concentration of 66 %.

The nickel-cadmium cell generally begins to generate hydrogen internally when (if) the negative plate approaches full charge. Oxygen is generated within the cell when (if) the positive plate approaches full charge.

5.1.2 Conditions nécessaires pour produire une explosion

Pour qu'une explosion se produise, deux conditions distinctes et indépendantes sont exigées à la fois:

- a) une concentration explosive d'hydrogène dans l'oxygène ou dans l'air;
- b) une source d'inflammation d'énergie suffisante (par exemple une étincelle avec une énergie d'environ 20 μ J).

Une explosion se produira à l'intérieur du dispositif de retenue des gaz si les conditions a) et b) ci-dessus sont remplies simultanément. Généralement, ce dispositif de retenue des gaz peut être le bac d'élément lui-même ou l'enveloppe d'accumulateur. De plus, il est possible que l'explosion se propage du bac d'élément à l'enveloppe d'accumulateur, ou réciproquement, si les mélanges explosifs sont présents dans les deux dispositifs de retenue et si aucune solution n'est prévue à la conception pour l'empêcher.

Plus grand sera le dispositif de retenue des gaz, plus graves seront les conséquences d'une explosion. Une explosion à l'intérieur d'un élément individuel peut entraîner une légère détérioration en dehors de l'élément impliqué. Toutefois, si elle est suivie par l'inflammation des éléments adjacents ou d'un mélange explosif dans l'enveloppe d'accumulateur, les dégâts seront plus importants.

La probabilité de provoquer une explosion peut être réduite en diminuant la probabilité de a) ou de b). La ventilation des enveloppes d'accumulateur et la minimisation de toutes les sources d'inflammation possibles sont des moyens efficaces.

On peut trouver des sources d'inflammation à l'intérieur du bac d'élément, de l'enveloppe d'accumulateur et à l'extérieur. L'élément d'accumulateur étant un dispositif de stockage d'énergie électrique, il constitue une source naturelle d'énergie d'inflammation. L'inflammation est très probable si cette énergie est déchargée par un arc ou par la surchauffe des conducteurs.

Des chemins conducteurs entre les plaques de polarités opposées à l'intérieur du bac d'élément, ou entre les bornes d'un élément ou d'un accumulateur, ou entre les éléments à l'intérieur de l'enveloppe d'accumulateur, sont tous des moyens possibles d'inflammation.

Des connexions entre éléments mal serrées (connexions lâches) peuvent créer des points chauds ou même provoquer des étincelles (s'il y a des vibrations) qui sont également une cause possible d'inflammation.

Un câble pincé peut finalement céder à la pression et devenir un chemin conducteur. Les surfaces conductrices, non protégées, des cartes de circuits imprimés peuvent également devenir une source d'inflammation si elles sont court-circuitées par des fluides conducteurs tels que l'électrolyte. Lorsque c'est possible, les distances entre les conducteurs de polarités opposées, et entre les bacs d'élément conducteurs, ayant une différence de potentiel supérieure à 1,5 V, seront prévues de façon suffisamment grande pour prévenir un court-circuit accidentel et pour empêcher l'électrolyte de se répandre et donc de provoquer des courts-circuits.

Une flamme ou des étincelles provenant d'autres sources sont des moyens évidents d'inflammation et il convient de les éviter. L'une des sources la moins évidente est la décharge électrostatique qui peut se produire lors de l'emploi d'un tissu d'essuyage sec pour nettoyer les éléments. Une décharge électrique est également possible à partir d'un pistolet de remplissage, non relié à la terre, ou d'un vêtement sec.

5.1.2 *Conditions necessary to produce an explosion*

In order for an explosion to take place, two distinctly separate and independent conditions are both required:

- a) an explosive concentration of hydrogen in oxygen or air;
- b) a source of sufficient ignition energy (for example, a spark with energy in the order of 20 μJ).

An explosion will occur within the gas retainer if both conditions a) and b) above are met. Generally, this gas retainer may be the cell container itself, or the battery enclosure. Further, it is possible for the explosion to travel from within the cell container to the battery enclosure, or vice versa, if explosive mixtures are present in both retainers, and if no design solution is employed to prevent it.

The larger the gas retainer, the more serious the consequences of the explosion. An explosion within a single cell container may cause little damage other than to the cell involved. However, if accompanied by ignition of either the adjacent cells, or an explosive mixture in the battery enclosure, the damage will be more widespread.

Probability of an explosion may be achieved by minimizing the likelihood of either a) or b) occurring. Ventilation of battery enclosures, and minimizing any possible ignition sources, are effective.

Sources of ignition may be found within the cell container, the battery enclosure, and external to them. Because the cell (battery) is a device of stored electrical energy, it is an inherent source of ignition energy. Ignition is most likely if that energy is discharged through arcing or overheating of conductors.

A conductive path between plates of opposite polarity within the cell container, or between the output terminals of a cell or battery, or between cells inside the battery enclosure, are all possible means of ignition.

Insufficiently tightened intercell connectors (loose connections) may generate hot points or even sparks (when subjected to vibrations) which are also a possible cause of ignition.

Pinched wiring may ultimately yield to pressure and provide a conductive path. Unprotected surface conductors on printed circuit boards may also become an ignition source if bridged by conductive fluids such as electrolyte. Where possible, distances between conductors of opposite polarity, and between conductive cell containers, with more than 1,5 V potential difference, should be designed to be large enough to prevent inadvertent shorting, and to prevent electrolyte wetting and bridging.

Open flame or sparks from other sources are an obvious means of ignition and should be avoided. One of the less obvious sources is static electrical discharge which may occur when a dry wiping cloth is used to clean cells. An electrical discharge is also possible from an unearthed filling gun or dry clothing.

5.1.3 Réduction des effets

L'inflammation et l'explosion d'un mélange stœchiométrique d'hydrogène et d'oxygène dans un récipient rigide sont capables de créer instantanément une forte augmentation de pression pouvant atteindre jusqu'à 12 fois la pression d'origine. La réduction de cette augmentation de pression peut être obtenue par l'une ou l'autre des conditions suivantes:

- a) permettre au volume de gaz de s'échapper, soit au travers du dispositif d'échappement gaz, soit par une déformation, un éclatement ou une fuite du dispositif de retenue des gaz;
- b) réduire la vitesse de propagation de la flamme à l'intérieur du dispositif de retenue;
- c) refroidir le gaz quand la flamme commence à se propager.

La réduction du volume initial du mélange gazeux réduit les effets d'une explosion.

5.2 Conditions spécifiques aux accumulateurs étanches

L'élément étanche est conçu pour fonctionner normalement avec un surplus de capacité dans la plaque négative (excédent négatif). Le fonctionnement normal produit de l'oxygène à la plaque positive chargée. Le dégagement d'oxygène commence lorsque la plaque approche de la pleine charge. Cet oxygène est recombéné sur la plaque négative à la même vitesse que celle à laquelle il est produit. Ceci empêche la plaque négative d'atteindre l'état de charge complète, et de produire de l'hydrogène. Par conséquent, en fonctionnement normal, comme prescrit par le fabricant, aucun gaz ne s'échappe de l'élément.

Des usages électriques abusifs de l'élément étanche, tels qu'une charge inverse, une surdécharge par des décharges avec des éléments de plus grande capacité montés en série, le déséquilibre des plaques lié à l'usure de l'élément, une charge à des températures basses non recommandées, et d'autres causes possibles, peuvent faire que l'élément étanche produise de l'hydrogène à faible taux à certains moments de sa vie. Cet hydrogène va s'accumuler à l'intérieur du bac d'élément.

Il est fortement recommandé que la possibilité d'explosion soit prise en compte à la conception de l'enveloppe d'accumulateur. Il convient de prévoir des dispositions pour minimiser les sources de retenue des gaz et d'inflammation. Il convient d'éviter des enveloppes d'accumulateur complètement étanches. Il convient que l'isolement des câbles et l'isolement des éléments soient pris en compte au niveau de la conception et mis en œuvre avec soin.

5.3 Conditions spécifiques aux accumulateurs ouverts

L'élément ouvert produit et libère une concentration stœchiométrique d'hydrogène et d'oxygène lorsque le courant de charge est maintenu après la charge complète des deux plaques. La quantité de ce mélange gazeux est d'environ 0,63 l de gaz à l'heure par élément, par ampère de courant de surcharge, à la température normale (293 K) et à la pression normale (1 013 hPa) (deux tiers d'hydrogène et un tiers d'oxygène).

NOTE – Ceci équivaut à 11 ml de gaz par minute et correspond à 1 ml d'eau décomposée par 3 Ah de surcharge.

Un mélange presque stœchiométrique et explosif d'hydrogène et d'oxygène est donc inévitablement présent à l'intérieur de l'élément. Normalement, ce mélange est à une pression égale à la pression normale, atmosphérique ou supérieure, d'ouverture du système d'échappement des gaz. Certaines sources d'inflammation possibles à l'intérieur du boîtier d'un élément ouvert résultent de l'intrusion d'un outil métallique dans le bac d'élément, ou de niveaux d'électrolyte extrêmement bas provoquant un échauffement local et la destruction des séparateurs et des isolateurs internes, ceci entraînant la déformation des plaques et des courts-circuits.

5.1.3 *Reduction of effects*

The ignition and burning (explosion) of a stoichiometric mixture of hydrogen and oxygen in a non-expanding container is capable of generating large and rapid transient pressure increases up to approximately 12 times the original pressure. Reduction of this pressure rise may be obtained if either:

- a) the gas volume is allowed to expand by operation of the venting system or by flexing, venting, bursting, or leaking of the gas retainer;
- b) the speed of advance of the flame front is reduced within the retainer;
- c) the gas is cooled while the flame front advances.

Reduction of the original volume of the gas mixture reduces the effects of an explosion.

5.2 *Conditions specific to sealed cells*

The sealed cell is designed to operate normally with a surplus of capacity in the negative plate (excess negative). Normal operation generates oxygen at the charged positive plate. Oxygen evolution begins as the plate approaches full charge. This oxygen is recombined at the negative electrode at the same rate as it is being generated. This prevents the negative plate from reaching full state of charge and generating hydrogen. Consequently, gas does not escape from the cell under normal operation as prescribed by the manufacturer.

Electrical abuses of the sealed cell, such as being reverse charged, being overdischarged by discharge in series with cells of higher capacity, plate imbalance accompanying cell wear-out, being charged at non-recommended low temperatures, and possibly other effects, make it possible that the sealed cell could generate some hydrogen at a modest rate at some point during its life. This hydrogen tends to accumulate inside the cell container.

It is strongly recommended that the possibility of explosions be considered in the design of the battery enclosure. Provision should be made to minimize both gas retention and ignition sources. Completely gas-tight battery enclosures should be avoided. Insulation of wiring and cells should be carefully designed and incorporated.

5.3 *Conditions specific to vented cells*

The vented cell generates and releases a stoichiometric concentration of hydrogen and oxygen when charge current is continued after both plates reach full charge. The amount of this gas mixture is approximately 0,63 l of gas per hour per cell per ampere of overcharge current at normal temperature (293 K) and pressure (1 013 hPa) (two thirds hydrogen and one third oxygen).

NOTE – This equates to 11 ml of gas per minute and corresponds to 1 ml of water being decomposed by 3 Ah of overcharge.

A near stoichiometric and explosive mixture of hydrogen and oxygen is therefore unavoidably present inside the cell. It normally exists at a pressure equal to the normal opening pressure, atmospheric or greater, of the vent device. Some possible ignition sources inside the vented cell container result from the intrusion of a metallic tool into the cell container, or extremely low electrolyte levels resulting in local heating and destruction of internal separators and insulators giving rise to plate distortion and shorting.

La conception d'une ventilation significative et adéquate de l'enveloppe d'accumulateur extérieure aux éléments, aussi bien que de l'espace entourant l'enveloppe d'accumulateur, est donc impérative. Le volume libre de l'enveloppe d'accumulateur, qui pourrait être la salle des accumulateurs, est beaucoup plus grand que celui du bac d'élément. Ce réservoir de mélange explosif est d'une signification beaucoup plus grande que le mélange contenu à l'intérieur d'un seul élément.

Pour la ventilation de l'enveloppe d'accumulateur, il convient donc de considérer:

- a) l'hydrogène créé par le courant maximal délivré par le système de charge;
- b) le nombre d'éléments dans la batterie d'accumulateurs;
- c) la concentration maximale d'hydrogène autorisée;
- d) tous les autres facteurs qui influencent la ventilation.

Il est recommandé de considérer à la conception de l'enveloppe d'accumulateur les moyens de réduire les effets d'une explosion à l'intérieur de celle-ci, dans le cas d'une défaillance du système de ventilation. Des disques de rupture facilement cassables, des cloisons escamotables, ainsi que d'autres moyens, réduisent l'augmentation de pression et, de ce fait, limitent les dégâts à l'intérieur de l'enveloppe d'accumulateur. Des fermetures anti-déflagrantes sur les éléments peuvent également aider à limiter la propagation d'une explosion d'élément à élément et d'un élément à l'enveloppe d'accumulateur.

6 Rupture sous pression

6.1 Notions essentielles générales

6.1.1 Vue d'ensemble

La plupart des éléments nickel-cadmium sont conçus ou équipés de systèmes ou d'ouvertures qui libèrent le gaz du bac d'élément dans l'atmosphère à une pression spécifique. Tous les éléments nickel-cadmium produisent des gaz de composition variée à l'intérieur du bac d'élément.

6.1.2 Conditions nécessaires pour produire un événement

Pour qu'une rupture sous pression d'un bac d'élément ait lieu, deux conditions indépendantes sont nécessaires:

- a) l'élément produit et retient des gaz qui donnent une pression interne suffisante;
- b) la pression interne nécessaire pour l'ouverture du système d'échappement des gaz dépasse la pression qui fera éclater le bac d'élément.

De nombreuses causes produisent de la pression avec des taux de production variant largement, ce qui exige que le système d'échappement des gaz s'accommode de ces taux sans augmentation de pression au-dessus de la pression de rupture.

La minimisation de la probabilité d'éclatement du bac d'élément se fait habituellement à la conception de l'élément, en s'assurant que la pression d'ouverture du système d'échappement des gaz est toujours inférieure à la pression de rupture du bac d'élément.

Le fabricant de l'élément, qui conçoit le système d'échappement des gaz dans le bac d'élément, s'assure que cette condition est satisfaite. Par la suite, il est de la responsabilité des concepteurs d'équipements ou de systèmes, et des utilisateurs, d'éviter l'augmentation de cette pression d'ouverture.

Design of significant and adequate ventilation of the battery enclosure external to the cells, as well as the space surrounding the battery enclosure, is therefore imperative. The free volume of the battery enclosure, which could be the battery room, is much greater than that of the cell container. This reservoir of explosive mixture is of much greater significance than the mixture contained within a single cell.

For ventilation of the battery enclosure, consideration should be given to:

- a) hydrogen generated by maximum overcharge current delivered by the system;
- b) number of cells in the battery;
- c) maximum concentration of hydrogen to be allowed;
- d) any other factors which influence ventilation.

Means of reducing the effects of an explosion within the battery enclosure, should the ventilation system fail, should be considered in the design of the battery enclosure. Frangible rupture discs, collapsible room partitions, as well as other means, reduce the pressure increase and thereby restrict the damage within the battery enclosure. Flame arresting vent devices in the cell containers may also help to restrict the propagation of an explosion from cell to cell and from cell to battery enclosure.

6 Pressure rupture

6.1 General fundamentals

6.1.1 Overview

Most nickel-cadmium cells are designed or fitted with devices or openings that release gas from the cell container to atmosphere at specific pressure. All nickel-cadmium cells generate gas of varying composition within the cell container.

6.1.2 Conditions necessary to produce an event

In order for pressure rupture of the cell container to take place, two independent conditions are necessary:

- a) the cell generates and retains gas to provide sufficient internal pressure;
- b) the internal pressure required to open the vent device exceeds the pressure that will burst the cell container.

There are many pressure generating mechanisms with widely varying generation rates, requiring the vent device to accommodate those rates without pressure increase above the burst pressure.

Minimization of the probability of cell container burst is usually achieved by cell design which ensures that the vent device opening pressure is always less than cell container burst pressure.

The cell manufacturer who designs this vent device into the cell container ensures that this condition is met. It is then the responsibility of the equipment or system designers and the user to avoid an increase of this opening pressure.

6.1.3 Réduction des effets

Typiquement, la conception physique de l'enveloppe d'accumulateur minimisant les effets de l'explosion du bac d'élément fournit également une protection adéquate contre les effets de la rupture du bac d'élément.

6.2 Conditions spécifiques aux accumulateurs étanches

Les dispositifs de sécurité pour les éléments étanches sont conçus pour s'ouvrir seulement dans des circonstances anormales. La pression moyenne de fonctionnement va de 500 kPa à 3 500 kPa (5 bars à 35 bars). La recombinaison de l'oxygène empêche la pression normale des gaz d'atteindre le niveau d'ouverture du dispositif de sécurité.

Au moins trois conditions de fonctionnement anormal sont possibles, pour lesquelles la pression peut dépasser la pression de rupture du bac d'élément, et qui influencent les exigences sur la pression d'ouverture du dispositif de sécurité lié à la vitesse d'augmentation de la pression des gaz.

6.2.1 Pression d'hydrogène et/ou d'oxygène

Si l'élément étanche est chargé en inverse d'une quantité significative de sa capacité assignée, ou s'il est surchargé à un régime bien plus élevé que son régime de conception, l'hydrogène et/ou l'oxygène peuvent s'accumuler jusqu'à atteindre la pression de rupture. La vitesse d'augmentation de la pression dans ces situations dépend de la quantité de courant mais est relativement lente comparée aux autres vitesses d'augmentation de pression des gaz décrites en 6.2.2 et 6.2.3. Une ouverture du dispositif de sécurité s'accommodera normalement de ces vitesses. En raison de ces vitesses de génération lentes, on peut s'attendre à ce que la pression du bac d'élément ne s'élève pas au-delà de la pression minimale d'ouverture du dispositif de sécurité.

6.2.2 Pression de vapeur

Si l'élément étanche est court-circuité intérieurement ou extérieurement alors qu'il est en état de charge complète, une énergie électrique suffisante peut être dissipée intérieurement pour vaporiser l'eau de l'électrolyte.

Si le court-circuit et la résistance interne de l'élément sont tous les deux de résistance suffisamment faible, le taux de dissipation d'énergie (puissance) peut être très élevé, et conduire à une rapide augmentation de pression, exigeant une plus grande ouverture. La pression interne dans cette situation sera bien supérieure à la pression minimale d'ouverture de 6.2.1 pour la plupart des dispositifs de sécurité et pourra provoquer la rupture du bac de l'élément. La charge d'éléments, complètement chargés, à des régimes élevés, ou l'adjonction d'une isolation thermique extérieure, aggravent la possibilité de rupture en fournissant une puissance supplémentaire et un échauffement plus rapide.

6.2.3 Explosion interne de gaz

La vitesse d'augmentation de la pression des gaz, résultant d'une explosion interne de gaz, risque d'être beaucoup plus rapide qu'en 6.2.1 ou 6.2.2. C'est un phénomène rare qui exige à la fois la présence d'un mélange gazeux explosif à l'intérieur de l'élément et d'une source d'inflammation. Aucun moyen efficace n'existe pour réaliser des essais de type sur des éléments étanches dans cette configuration, car une modification du bac d'élément serait nécessaire, et modifierait de ce fait la probabilité de rupture ainsi que l'effet du phénomène. Dans la pratique, une explosion interne de gaz entraîne habituellement une rupture de l'élément.

6.1.3 *Reduction of effects*

Typically, the physical design of the battery enclosure that minimizes the effects of cell container explosion also provides adequate protection against the effects of cell container burst.

6.2 *Conditions specific to sealed cells*

Safety devices for sealed cells are designed to open only in abnormal circumstances. Operating pressure typically ranges from 500 kPa to 3 500 kPa (5 bar to 35 bar). The recombination of generated oxygen prevents normal gas pressure from reaching safety device opening levels.

At least three abnormal operating conditions are possible, in which pressure may be generated that may be capable of exceeding the burst pressure of the cell container, and which influence the pressure opening requirements of the safety device due to the rate of rise of the gas pressure.

6.2.1 *Hydrogen and/or oxygen pressure*

If the sealed cell is reverse charged for a significant percentage of its rated capacity, or overcharged at a rate significantly higher than its designed rate, hydrogen and/or oxygen can build up towards burst pressure. The rate of pressure rise in these situations is dependent on the rate of current, but is relatively slow compared with other gas pressure rise rates, as described in 6.2.2 and 6.2.3. A safety vent device opening will normally accommodate these rates. Because of these low generation rates, cell container pressure would be expected to rise no further than the minimum opening pressure of the safety device.

6.2.2 *Steam pressure*

If the sealed cell is internally or externally shorted while it is in a fully charged state, sufficient electrical energy may be dissipated internally to vaporize the electrolyte water into steam.

If the short circuit, and the internal resistance of the cell, are both of sufficiently low resistance, the energy dissipation rates (power) may be quite high, resulting in a rapid pressure increase and requiring a larger opening. The internal pressure in this situation will be significantly above the minimum opening pressure in 6.2.1 for most safety devices, and may cause cell case rupture. Charging of fully charged cells at high rates, or providing external thermal insulation, exacerbates the possibility of burst by providing additional power and faster temperature rise.

6.2.3 *Internal gas explosion*

The rate of gas pressure rise resulting from internal gas explosion is likely to be much faster than for either 6.2.1 or 6.2.2. This is a rarely occurring event which requires both the presence of an explosive mixture of gas within the cell and an ignition source. No effective means exist for type testing sealed cell designs for this event, as modification of the cell container is necessary, which would thereby affect the probability of bursting and also the effect of the event. In practice, an internal gas explosion usually leads to cell rupture.

6.3 Conditions spécifiques aux accumulateurs ouverts

L'élément ouvert est muni d'une ouverture au travers de laquelle les produits gazeux peuvent s'échapper. Comme ces éléments libèrent les gaz en fonctionnement normal, toute défaillance du système d'échappement des gaz, conduisant à une pression d'ouverture supérieure à la pression de rupture du bac d'élément, provoquera une rupture. Ils sont toutefois soumis aux mêmes modes de génération de pression que les éléments étanches.

6.3.1 Défaillance liée à l'entretien

Les effets qui interviennent dans le temps sur le système d'échappement des gaz, comme la pulvérisation d'électrolyte, l'échauffement et le séchage, peuvent provoquer l'obstruction du système et entraîner une pression excessive d'émission de gaz. L'entretien périodique, qui nécessite l'emploi d'eau chaude pour dissoudre les matières séchées, et un séchage à l'air comprimé, peuvent être efficaces pour prévenir ce mode de défaillance.

7 Brûlures chimiques (dues à l'électrolyte)

7.1 Notions essentielles générales

7.1.1 Vue d'ensemble

L'électrolyte utilisé dans les éléments nickel-cadmium, étanches et ouverts, est caustique. Il est normalement constitué d'une solution aqueuse d'hydroxyde de potassium, d'une concentration approximative de 30 %, qui provoque des brûlures lorsqu'elle est en contact avec la peau. Toute projection de ce produit chimique sur le corps est par conséquent grave et nécessite une première intervention rapide et un traitement médical.

7.1.2 Conditions nécessaires pour produire un événement

Toutes les actions qui provoquent des projections d'électrolyte peuvent entraîner une exposition du corps au produit chimique. Comme exemples de telles actions, on peut citer la rupture du bac d'élément, les explosions, le démontage par des personnels inexpérimentés des bacs d'élément, l'entretien ou le remplissage des éléments ouverts sans précautions, la préparation de l'électrolyte pour le remplissage des éléments ouverts, etc. Il est recommandé de suivre les instructions des fabricants lorsqu'on manipule l'électrolyte (voir aussi la CEI 993).

Le contact accidentel peut être minimisé par le port de vêtements de protection, y compris la protection complète du visage, lorsqu'on travaille en présence d'accumulateurs.

Ne pas démonter les éléments d'accumulateurs.

7.1.3 Réduction des effets

a) Contact avec la peau

L'électrolyte provoque des brûlures graves s'il reste sur la peau. Il est nécessaire d'intervenir rapidement pour laver à grande eau, de façon minutieuse et vigoureuse, la zone affectée.

b) Contact avec l'œil

La projection d'électrolyte dans les yeux est un événement très grave. Sans traitement efficace, on peut devenir aveugle. Un lavage immédiat à grande eau ou à l'aide de solutions pour le lavage des yeux pendant 10 min à 15 min est nécessaire. Il est recommandé de se laver l'œil soi-même immédiatement pour entraîner une dilution rapide de l'électrolyte caustique dans l'œil. Il est recommandé de consulter un médecin rapidement.

La neutralisation avec un acide doux n'est pas recommandée.

6.3 *Conditions specific to vented cells*

The vented cell is provided with an opening through which gaseous products may escape. Because these cells release gas during normal operating conditions, any malfunction of the vent device, resulting in vent opening pressure higher than cell container burst pressure, will cause a burst. They are, however, subject to the same pressure generation modes as described for sealed cells.

6.3.1 *Maintenance related failure*

The long-term effects on the vent device mechanism caused by venting electrolyte spray, heating, and drying out, can cause obstruction of the vent device resulting in excessive gas release pressure. Periodic maintenance, which involves the use of warm water to dissolve the dried material, and forced air drying, can be effective to prevent this failure mode.

7 **Chemical burns (electrolyte)**

7.1 *General fundamentals*

7.1.1 *Overview*

The electrolyte used in nickel-cadmium cells, both sealed and vented, is caustic. It normally uses a solution of potassium hydroxide in water of approximately 30 % concentration which causes burns when in contact with body tissue. Any spillage of this chemical upon the body is therefore a serious matter requiring fast first aid action and medical treatment.

7.1.2 *Conditions necessary to produce an event*

Any actions which result in spillage of electrolyte from the cell may result in body exposure to the chemical. Examples of events are cell container bursts, explosions, inexperienced disassembly of cell containers, careless maintenance or filling of vented cells, preparation of electrolyte to fill vented cells, etc. Manufacturers' instructions should be followed when handling electrolyte. See also IEC 993.

Accidental contact may be minimized by wearing protective clothing including full face protection when working with cells and batteries.

Do not disassemble cells.

7.1.3 *Reduction of effects*

a) Skin contact

Electrolyte will cause serious burns if allowed to remain on the skin. Prompt, thorough and vigorous flushing of the affected area with water is required.

b) Eye contact

Electrolyte in the eye is a much more serious event. Blindness may result if not treated effectively. Immediate flushing with copious amounts of clean water or eye-wash solutions for 10 min to 15 min is necessary. Immediate self-treatment is recommended by washing the eye in order to dilute the caustic. Prompt medical advice should be sought.

Neutralization with mild acid is not recommended !

8 Risques liés à des niveaux d'énergie élevés

8.1 Notions générales essentielles

8.1.1 Vue d'ensemble

Une forte puissance (faible résistance interne) est une caractéristique de fonctionnement naturelle, utile et recherchée, des accumulateurs nickel-cadmium; il en est de même avec une alimentation par le réseau. Ceci donne lieu à deux risques potentiels si la puissance est insuffisamment contrôlée:

- a) incendie;
- b) brûlures aux personnes.

Pour réduire la probabilité de ces deux risques, il est nécessaire de gérer la puissance disponible. Ces exigences sont similaires à celles applicables à la gestion de la puissance de la source d'alimentation par le réseau. Une isolation appropriée entre les conducteurs de potentiels différents, ainsi que des matériaux adaptés à la température et à l'environnement considérés, sont exigés.

La présence d'hydroxyde de potassium doit être prise en compte dans le choix des matériaux et dans la conception. L'intensité des courants de court-circuit peut varier de quelques centaines à des milliers d'ampères.

8.1.2 Conditions nécessaires pour produire un événement

Une action ou une conception inadéquate peut entraîner la création d'une liaison électrique de faible résistance (dans les cas extrêmes un court-circuit) entre conducteurs de polarités opposées. Ce chemin de fuite provoquera une libération rapide d'énergie, c'est-à-dire à forte puissance. Ceci peut créer une source de chaleur suffisante pour faire fondre les conducteurs métalliques, enflammer des matériaux inflammables ou causer des brûlures aux personnes à partir des composants brûlants des accumulateurs.

8.1.3 Réduction de la probabilité d'un événement

Comme exemples de certaines pratiques qui diminuent la probabilité de risque, on peut citer:

- a) l'utilisation d'outils isolés;
- b) l'interdiction de porter des bijoux et autres objets métalliques personnels lorsqu'on travaille en présence d'accumulateurs;
- c) la fourniture d'un manuel d'installation pour éviter l'inversion des polarités lors du remplacement des accumulateurs.

8.2 Conditions spécifiques aux accumulateurs étanches

L'intensité approximative maximale du courant de court-circuit peut être calculée en divisant la tension nominale par la résistance interne efficace (R_e) de l'élément, déclarée par le fabricant.

NOTE – La résistance interne efficace définit la relation entre la tension de décharge moyenne et la valeur du courant de décharge pendant une décharge prolongée à courant constant.

8.3 Conditions spécifiques aux accumulateurs ouverts

Les éléments ouverts, particulièrement les éléments d'aéronef et les éléments de grande capacité, produisent des courants de court-circuit extrêmement élevés. Le courant maximal peut être déterminé en multipliant par deux le courant à la puissance maximale de l'élément déclaré par le fabricant.

NOTE – Le courant à la puissance maximale est le courant de décharge que l'élément complètement chargé peut maintenir pendant 15 s à une tension de décharge continue de 0,6 V.

8 High power level hazard

8.1 General fundamentals

8.1.1 Overview

High power capability (low internal resistance) is one of the inherent, useful and desirable performance characteristics of nickel-cadmium cells and batteries, as it is in the mains supply. This gives rise to two possible hazards if this power is inadequately controlled:

- a) fire;
- b) personal burns.

Reduction of the probability of events with these two hazards requires control of the available power. These control requirements are similar in concept to controlling the power available from the mains supply. Appropriate insulation between conductors of different potential with materials suitable for the temperature and environment involved is required.

The presence of potassium hydroxide must be considered in the selection of materials and designs. The magnitude of short-circuit currents ranges from hundreds to thousands of amperes for cells of varying capabilities.

8.1.2 Conditions necessary to produce an event

Any inappropriate action or design may result in a low-resistance electrical path (in extreme cases a short circuit) between conductors of opposite polarity. This path will cause a release of energy at high rates, that is at high power. This may produce heat sufficient to melt metal conductors, ignite flammable materials, or cause personal burns from hot cell/battery components.

8.1.3 Reduction of probability of an event

Examples of some practices which will reduce hazard probability are:

- a) the use of insulated tools;
- b) prohibiting jewellery and other personal metallic objects while working with cells/batteries;
- c) provision of some form of polarity keying for battery replacement to prevent reverse polarity connection.

8.2 Conditions specific to sealed cells

The approximate magnitude of maximum short-circuit current capability may be calculated by dividing the nominal voltage by the effective internal resistance (R_e) rating of the cell as declared by the manufacturer.

NOTE – The effective internal resistance defines the relationship between average discharge voltage and the value of discharge current during extended constant current discharge.

8.3 Conditions specific to vented cells

Vented cells, particularly aircraft cells and large capacity cells, have extremely high short-circuit current capabilities. This maximum current capability can be determined by multiplying the maximum power current rating of the cell, as declared by the manufacturer, by a factor of two.

NOTE – Maximum power current is the discharge current which the fully charged cell can sustain for 15 s at a continuous discharge voltage of 0,6 V.

9 Niveaux de tension élevés (chocs électriques)

9.1 Notions générales essentielles

9.1.1 Vue d'ensemble

Des niveaux de tension aussi bas que 30 V sont considérés comme suffisants pour présenter une possibilité de choc électrique. Le montage en série de 20 éléments ou plus entraîne, lors de la charge, des tensions égales ou supérieures à ce niveau.

9.1.2 Conditions nécessaires pour produire un événement

De nombreux accumulateurs ont une tension suffisante pour fournir des courants de choc à travers le corps humain. Deux conditions sont nécessaires pour produire ce risque.

- a) 20 éléments ou plus en série;
- b) un contact physique avec les parties sous tension des circuits de l'accumulateur.

9.1.3 Réduction des effets

Pour minimiser cette probabilité de risque, comme pour maîtriser le risque de choc électrique dans le cas d'une tension fournie par le réseau, il faut une isolation appropriée pour empêcher le contact d'un corps humain avec des pièces sous tension.

Lorsque les exigences de tension sont supérieures à 30 V, le risque de choc électrique est présent et doit être pris en compte lors de la conception.

Une complication supplémentaire est ajoutée par la présence d'une fuite d'électrolyte. Celle-ci peut ne pas être évidente à l'œil nu, mais elle peut fournir un cheminement pour un courant de choc.

10 Emballage thermique

10.1 Notions générales essentielles

10.1.1 Vue d'ensemble

L'emballage thermique est un risque potentiel dans les accumulateurs qui sont chargés par des systèmes à tension constante. Dans de tels systèmes, une élévation de la température de l'accumulateur provoquera la diminution de la tension interne naturelle (tension de Tafel) de l'accumulateur en surcharge. Lorsque la tension diminue, le courant de surcharge augmente de façon exponentielle pour rétablir la tension aux bornes de l'élément à la valeur de la tension de la source de charge.

Cette augmentation du courant de surcharge produira une élévation de température supplémentaire, ce qui aura pour effet de réduire un peu plus la tension, entraînant une augmentation supplémentaire du courant et de la température. Ces effets sont encore accentués si la quantité de chaleur dissipée par l'accumulateur est inférieure à la quantité de chaleur produite.

Le résultat final de l'emballage thermique est une perte d'électrolyte sous forme de vapeur à travers le système d'échappement des gaz, le dessèchement de l'élément, la destruction possible et/ou la rupture de l'élément, et un incendie affectant l'accumulateur et les matériaux environnants avec pour conséquence l'émission possible de fumées dangereuses.

9 High voltage levels (shock)

9.1 General fundamentals

9.1.1 Overview

Voltage levels as low as 30 V are considered to be sufficient to present the possibility of electric shock. Series connections of 20 or more cells can present voltages at or above this level when on charge.

9.1.2 Conditions necessary to produce an event

Some batteries have sufficient terminal voltage to provide shock currents through the human body. Two conditions are required to produce this hazard:

- a) 20 or more cells in series connection;
- b) physical contact with live parts of the battery circuits.

9.1.3 Reduction of effects

Minimizing this hazard probability is similar to controlling the shock hazard from mains supplied voltage. This requires that appropriate insulation is provided to prevent human contact with live parts.

When the voltage requirements are greater than 30 V, the possibility of shock hazards are present, and the design should be evaluated.

A further complication is added by the presence of leaked electrolyte. This may not be visually obvious but can still provide a path for shock current.

10 Thermal runaway

10.1 General fundamentals

10.1.1 Overview

Thermal runaway is a possible hazard in batteries which are charged by constant voltage systems. In such systems, an increase of battery temperature will cause the natural internal voltage (Tafel voltage) of the battery in overcharge to decrease. When the voltage decreases, overcharge current increases exponentially in order to restore the terminal voltage of the cell to the value of the charging source voltage.

This increase in overcharge current will produce a further temperature rise resulting in decreasing voltage leading to increasing current and increasing temperature. These effects are further increased if the rate of heat dissipated from the battery is less than the rate of heat generated.

The end result of the thermal runaway is loss of electrolyte as vapour through the vent device, the drying out of the cell, possible destruction and/or rupture of the cell, and fire affecting the battery and surrounding materials with the consequence of possible dangerous fumes.

10.1.2 Conditions nécessaires pour produire un événement

L'emballement thermique peut se produire par la combinaison des facteurs suivants dans les systèmes de charge à tension constante:

- a) refroidissement de l'élément ou dissipation de chaleur insuffisants;
- b) court-circuit d'éléments individuels dans un montage en série, qui conduit à une augmentation de la tension de charge des autres éléments;
- c) température d'élément excessivement élevée;
- d) tension de charge trop élevée par suite d'un défaut de régulation de tension.

10.1.3 Réduction des effets

Une méthode efficace pour minimiser ce risque consiste à asservir la tension de charge à la température de l'accumulateur. Il est recommandé de consulter les fabricants sur d'autres procédures pour éliminer ou minimiser les causes ou les effets de ce risque.

10.2 Conditions spécifiques aux accumulateurs étanches

Les éléments étanches, par leur conception et par leur fonction, recombinaient 100 % de l'oxygène produit, avec un dégagement de chaleur correspondant, et par conséquent, ils présentent le plus grand risque d'emballement thermique s'ils sont chargés à tension constante. **La charge à tension constante n'est donc pas recommandée pour les éléments étanches sans l'utilisation de systèmes de contrôle de charge et de dispositifs de sécurité.**

10.3 Conditions spécifiques aux accumulateurs ouverts

Les éléments ouverts conçus avec de grandes quantités d'électrolyte libre, et pour lesquels la recombinaison de l'oxygène est naturellement limitée, présentent rarement cet effet. Toutefois, certains éléments ouverts, particulièrement ceux qui ont des groupes de plaques très serrés, peuvent être sujets à l'emballement thermique.

Dans certaines conceptions d'éléments ouverts, une membrane est prévue pour empêcher la migration de l'oxygène de la plaque positive vers la plaque négative. L'emballement thermique dans ces éléments est alors provoqué par la défaillance de cette membrane. Si cette membrane fait défaut, la recombinaison et la production de chaleur qui en résultent rendent l'élément sujet à l'emballement thermique.

11 Mise au rebut – élimination

11.1 Notions générales essentielles

11.1.1 Vue d'ensemble

Certains risques déjà énumérés peuvent également se produire lorsque l'accumulateur est mis au rebut, si cela est fait sans précaution. Ces risques sont:

- la rupture sous pression (article 6);
- les brûlures chimiques (article 7).

De plus, des fumées nocives peuvent apparaître si l'élément est incinéré. Des effets écologiques à long terme peuvent également faire l'objet de réglementations nationales ou locales et par conséquent peuvent nécessiter des ressources et des actions publiques complémentaires.