

労働安全衛生総合研究所技術指針

TECHNICAL RECOMMENDATIONS
OF THE NATIONAL INSTITUTE
OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

JNIOOSH-TR-46-7:2018

工場電気設備防爆指針 (国際整合技術指針 2018)

第7編 樹脂充填防爆構造 “m”

(対応国際規格 IEC 60079-18:2014+AMD1:2017)

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 18: Equipment protection by encapsulation “m”



工場電気設備防爆指針改正委員会

本委員会

委員長	土橋 律	東京大学大学院
副委員長	角谷 憲雄	防爆コンサルティングサービス (H29.5 まで)
委員	野田 和俊	国立研究開発法人産業技術総合研究所
〃	山隈 瑞樹	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
〃	綿貫 宏樹	一般社団法人日本電機工業会
〃	内田 龍行	アズビル株式会社 (H29.3 まで)
〃	長谷川 祥樹	富士電機株式会社 (H29.5 から)
〃	上野 泰史	IDEC 株式会社
〃	河合 隆	星和電機株式会社
〃	岡野 哲也	一般社団法人日本電気協会技術部
〃	原 拓哉	一般財団法人日本海事協会 (H29.3 まで)
〃	熊井 真吾	一般財団法人日本海事協会 (H29.5 から)
〃	山根 哲夫	東燃ゼネラル石油株式会社
〃	小桜 豊	三菱化学株式会社
〃	原田 大	横河電機株式会社
〃	堀尾 康明	横河電機株式会社
〃	榎本 克哉	公益社団法人産業安全技術協会
〃	小金 実成	公益社団法人産業安全技術協会
行政参加者	大村 倫久	厚生労働省安全衛生部安全課 (H29.3 まで)
〃	吉岡 健一	厚生労働省安全衛生部安全課 (H29.4 から)
事務局	大塚 輝人	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
〃	富田 一	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
〃	三浦 崇	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
〃	鄭 聖美	公益社団法人産業安全技術協会

第3分科会 (第6編, 第7編担当)

主査	堀尾 康明	横河電機株式会社
幹事	松田 修一	公益社団法人産業安全技術協会
委員	武藤 雅彰	株式会社中村電機製作所
〃	北村 正英	理研計器株式会社
〃	山崎 枢	DEKRA サーティフィケーション・ジャパン株式会社
〃	日之内 亨	公益社団法人産業安全技術協会

前版からの主な変更点

前版（JNIOOSH-TR-46-7:2015）からの主な変更点は次のとおりである。

- 第1編（総則）で定義されている用語を、「用語の定義」から削除（コンパウンド、コンパウンドの連続運転温度（COT）、樹脂充填、通常運転、ボイド、自由空間、数えられない故障）（箇条3）。
- 保護レベル“ma”及び“mb”に対する追加の要求事項を規定（4.2）。
- 保護レベル“ma”の樹脂充填機器に対する追加の要求事項を変更（4.3）。
- 絶縁分離コンポーネントに該当する条件を追加（7.2.3）。
- 吸水試験で、水から取り出して計測までの時間を1分以内と規定（8.1.1）。
- 機器の試験に EPL Da に関する規定を追加（8.2.2）。
- 高温熱安定試験の試験条件を変更（8.2.3.1）。
- 耐電圧試験の試験電圧の誤記を訂正（8.2.4.1の2）において、 $2U+1,000\text{ V}$ を $2U+1,400\text{ V}$ に）。
- ケーブルの引留機能試験の試験条件を変更（8.2.5.1）。
- 圧力試験で“mb”機器に対する代替法を追加（8.2.6.1）。
- 「組込み保護デバイスの封止試験」でサンプル数の規定及び温水の温度を変更し、代替法を追加（8.2.8）。
- ルーチン試験の耐電圧試験の代替法を追加（9.2）。（AMD1:2017に基づく）
- 規定として、回路と環境との間の耐電圧試験を追加（附属書 C）。（AMD1:2017に基づく）

目 次

第7編 樹脂充填防爆構造“m”	7-1
1 適用範囲	7-1
2 引用文書	7-1
3 用語及び定義	7-3
4 一般事項	7-3
4.1 保護レベル（機器保護レベル（EPL））	7-3
4.2 保護レベル“ma”及び“mb”に対する追加の要求事項	7-4
4.3 保護レベル“ma”に対する追加の要求事項	7-4
4.4 定格電圧及び推定短絡電流	7-4
5 コンパウンドの要求事項	7-4
5.1 一般事項	7-4
5.2 仕様	7-4
5.3 コンパウンドの特性	7-5
6 温度	7-5
6.1 一般事項	7-5
6.2 許容温度の決定	7-5
6.3 温度制限	7-5
7 構造上の要求事項	7-6
7.1 一般事項	7-6
7.2 故障の決定	7-6
7.3 樹脂充填内部の自由空間	7-9
7.4 コンパウンドの厚さ	7-10
7.5 開閉接点	7-14
7.6 外部配線接続部	7-14
7.7 裸充電部の保護	7-14
7.8 セル及びバッテリー	7-14
7.9 保護デバイス	7-17
8 型式試験	7-19
8.1 コンパウンドの試験	7-19
8.2 機器の試験	7-19
9 ルーチン試験及び検証	7-23
9.1 目視検査	7-23
9.2 耐電圧試験	7-23
10 表示	7-24

附属書 A (参考) 樹脂充填防爆機器のコンパウンドに対する基本的な要求事項.....	7-25
附属書 B (参考) 試験用サンプルの割当て.....	7-26
附属書 C (規定) 回路と環境との間の耐電圧試験	7-27
文献	7-28

第7編 樹脂充填防爆構造 “m”

1 適用範囲

この編は、爆発性ガス雰囲気中又は爆発性粉じん雰囲気中で使用する樹脂充填防爆構造“m”の電気機器、電気機器の部分及び Ex コンポーネントの構造、試験及び表示についての特定の要求事項を定める。

この編は、樹脂充填防爆構造の電気機器、電気機器の部分及び Ex コンポーネント（以下「樹脂充填防爆機器」という。）であって、定格電圧 11 kV 以下のものだけに適用する。

爆発性ガスと可燃性粉じんとを同時に含む雰囲気中に電気機器を適用するに当たっては、追加の保護措置を要求することがある。

この編は、燃焼のために大気中の酸素を必要としない爆発性粉じん又は自然発火性の物質には適用しない。

この編は、粉じんから可燃性又は有毒なガスが放出されることによる危険性は考慮していない。

この編は、第1編（総則）の一般要求事項を補足及び修正する。この編の要求事項と第1編の要求事項とが相反するときは、この編の要求事項が優先する。

2 引用文書

次に掲げる文書は、この編に引用されることによって、この編の規定の一部を構成する。これらの引用文書のうちで、発行年を付記してあるものは、記載の年の版だけがこの編の規定を構成するものであって、その後の改正版・追補は適用しない。発行年を付記していない引用文書は、その最新版（追補を含む。）を適用する。ただし、技術指針（JNIOOSH-TR-46）の編については、最新版及びその一つ前の版を適用する。

引用文書に対応又は類似する国内規格又は労働安全衛生総合研究所技術指針が存在する場合、当該規格又は指針が併記されている。これらの国内規格又は技術指針は、対応する引用文書と内容が一致していない部分を除き、これに代えて適用することができる。引用文書に対応する国内規格と技術指針とが同時に存在するときは、技術指針を優先する。

注記...引用文書との整合性の程度が明確である場合、IDT（一致）、MOD（一部修正）又はNEQ（同等ではない）の略が併記されている。有効な部分は、引用されている国際規格等と一致する部分だけである。

IEC 60079-0, *Explosive atmospheres – Part 0: Equipment – General requirements*

対応技術指針：JNIOOSH-TR-46-1, 工場電気設備防爆指針（国際整合技術指針）第1編 総則

IEC 60079-7, *Explosive atmospheres – Part 7: Equipment protection by increased safety “e”*

対応技術指針：JNIOOSH-TR-46-5, 工場電気設備防爆指針（国際整合技術指針）第5編 安全増防爆構造 “e”

IEC 60079-11, *Explosive atmospheres – Part 11: Equipment protection by intrinsic safety “i”*

対応技術指針：JNIOOSH-TR-46-6, 工場電気設備防爆指針（国際整合技術指針）第6編 本質安全防爆構造 “i”

IEC 60079-15, *Explosive atmospheres – Part 15: Equipment protection by type of protection “n”*

対応技術指針：JNIOOSH-TR-46-8, 工場電気設備防爆指針（国際整合技術指針）第 8 編 非点
火防爆構造 “n”

IEC 60079-26, *Explosive atmospheres – Part 26: Equipment with equipment protection level (EPL) Ga*

IEC 60079-31, *Explosive atmospheres – Part 31: Equipment dust ignition protection by enclosures “t”*

対応技術指針：JNIOOSH-TR-46-9, 工場電気設備防爆指針（国際整合技術指針）第 9 編 容器
による粉じん防爆構造 “t”

IEC 60127 (all parts), *Miniature fuses*

対応国内規格：JIS C 6575-1:2009, ミニチュアヒューズ—第 1 部：ミニチュアヒューズに関する用語及びミニチュアヒューズリンクに対する通則（MOD）

対応国内規格：JIS C 6575-1:2009/AMENDMENT 1:2013, ミニチュアヒューズ—第 1 部：ミニチュアヒューズに関する用語及びミニチュアヒューズリンクに対する通則（追補 1）（MOD）

対応国内規格：JIS C 6575-2:2005, ミニチュアヒューズ—第 2 部：管形ヒューズリンク（MOD）

対応国内規格：JIS C 6575-2:2005/AMENDMENT 1:2013, ミニチュアヒューズ—第 2 部：管形ヒューズリンク（追補 1）（MOD）

対応国内規格：JIS C 6575-3:2005, ミニチュアヒューズ—第 3 部：サブミニチュアヒューズリンク（その他の包装ヒューズ）（MOD）

IEC 60243-1, *Electrical strength of insulating material – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 60691, *Thermal-links – Requirements and application guide*

対応国内規格：JIS C 6691:2009, 温度ヒューズ—要求事項及び適用の指針（MOD）

対応国内規格：JIS C 6691:2009/AMENDMENT 1:2013, 温度ヒューズ—要求事項及び適用の指針（追補 1）（MOD）

IEC 60730-2-9, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-9: Particular requirements for temperature sensing controls*

IEC 60738-1, *Thermistors – Directly heated positive temperature coefficient – Part 1: Generic specification*

IEC 61140, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61558-1, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 1: General requirements and tests*

IEC 61558-2-6, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100V – Part 2-6: Particular requirements and tests for safety isolating transformers and power supply units incorporating safety isolating transformers*

対応国内規格：JIS C 61558-2-6:2012, 入力電圧 1100V 以下の変圧器, リアクトル, 電源装置及びこれに類する装置の安全性—第 2-6 部：安全絶縁変圧器及び安全絶縁変圧器を組み込んだ電源装置の個別要求事項及び試験（MOD）

IEC 62326-4-1, *Printed boards – Part 4: Rigid multilayer printed boards with interlayer connections –*

Sectional specification – Section 1: Capability detail specification – Performance levels A, B and C
ANSI/UL 248, (all parts), *Standard for low-voltage fuses*
ANSI/UL 746B, *Standard for polymeric materials – Long term property evaluations*
ANSI/UL 796, *Printed-Wiring Boards*
IPC-A-600, *Acceptability of Printed Boards*
IPC-6012, *Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards*
ISO 2859-1, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

対応国内規格：JIS Z 9015-1:2006, 計数値検査に対する抜取検査手順—第1部：ロットごとの検査に対する AQL 指標型抜取検査方式 (IDT)

3 用語及び定義

この編で用いる主な用語及び定義は、第1編に規定する用語及び定義によるほか、次による。

注記 爆発性雰囲気にも適用可能な追加の定義は、IEC 60050-426 に規定されている。

3.1 樹脂充填防爆構造 “m” (encapsulation “m”)

運転中又は設置条件において火花又は熱のいずれかによって爆発性雰囲気に着火可能な部分を、コンパウンドの中又は他の接着性をもつ非金属製容器の中に完全に封入することによって粉じん層又は爆発性雰囲気の発火を防止する防爆構造。

3.2 コンパウンドの温度範囲 (temperature range of the compound)

運転中又は保管中のいずれにおいても、コンパウンドの特性がこの編の要求事項に適合する温度範囲。

3.3 自由表面 (free surface)

爆発性雰囲気及び／又は粉じん層にさら(曝)されるコンパウンドの表面。

3.4 開閉接点 (switching contact)

電気回路を開閉する機械的接点。

3.5 接着 (adhesion)

物体表面へのコンパウンドの永続的な結合であって、湿気、ガス及び粉じんを通さないもの。

3.6 数えられる故障 (countable fault)

構造上の要求事項を満たす電気機器の各部分に発生する故障。

3.7 故障を生じない分離 (infallible separation)

導電性の各部分間の分離であって、短絡を生じないとみなされるもの。

3.8 固体絶縁物 (solid insulation)

押出成形又はモールドイングで作られる絶縁材料であり、注入法 (pouring) のものを除く。

注記 二つ以上の電気絶縁材料片を強固に結合して成形した絶縁物は固体絶縁物とみなしてよい。

4 一般事項

4.1 保護レベル (機器保護レベル (EPL))

樹脂充填防爆構造“m”の電気機器は、次のいずれかとする。

- a) 保護レベル“ma” (EPL Ma, Ga, Da)
- b) 保護レベル“mb” (EPL Mb, Gb, Db)
- c) 保護レベル“mc” (EPL Gc, Dc)

この編の要求事項は、他に記載がない限り、全ての保護レベルの樹脂充填防爆構造“m”に適用する。

4.2 保護レベル“ma”及び“mb”に対する追加の要求事項

この編に規定するいかなる故障条件においても、機械的又は熱的に樹脂充填に損傷を与えることがない場合に限り、追加の保護をすることなく、コンポーネントを使用することができる。

代替法として、内部のコンポーネントの故障が、温度上昇

による樹脂充填防爆構造“m”の故障（機能失敗）を引き起こす可能性がある場合、7.9 の要求事項を適用する。

4.3 保護レベル“ma”に対する追加の要求事項

回路のいかなる点の動作電圧も 1 kV を超えてはならない。

4.4 定格電圧及び推定短絡電流

該当する保護レベル“ma”，“mb”又は“mc”に対して、許容温度を超えないように、定格電圧及び推定短絡電流を規定する。

指針活用上の留意点

「推定短絡電流 (prospective short circuit current)」は、前版 (JNIOOSH-TR-46-7:2015) において「規約短絡電流」と呼んでいたものと同義である。

5 コンパウンドの要求事項

5.1 一般事項

文書には、使用するコンパウンド及びその処理方法（ボイドの形成を防止する方法を含む。）を記載する。

少なくとも、樹脂充填防爆構造“m”のよりどころとなるコンパウンドの特性を記載する。

注記 コンパウンドを正しく選定することによって、運転中及び許容される故障時において、コンポーネントの膨張の余地を残すことができる。

5.2 仕様

コンパウンドの仕様には、次の事項を含める。

- a) コンパウンドの製造者の名称及び住所
- b) コンパウンドの正確で完全なデータ、及び関係する場合、添加剤及び他の添加物の割合、その混合比率、及び形名
- c) 該当する場合、例えば、ワニス処理のようなコンパウンドの表面の処理。
- d) 該当する場合、コンポーネントへのコンパウンドの正規の接着力を得るため、コンポーネントに施す前処理（例えば、洗浄、エッチング）のための要求事項。
- e) 8.2.2 a) に従って決定したコンパウンドの最高使用時到達温度での IEC 60243-1 による耐電圧性能。これを材料の製造者から入手できない場合、5.3.2 の要求事項を適用する。

- f) コンパウンドの温度範囲（最高連続運転温度（COT）及び最低連続運転温度（COT）を含む。）
 - g) コンパウンドが外部容器の一部となっている樹脂充填防爆機器の場合，第 1 編（総則）に定める温度指数 TI の値。温度指数 TI に代えて，相対温度指数（RTI-機械的）を ANSI/UL 746B に従って求めてもよい。
 - h) 色を変えることでコンパウンドの仕様が影響を受けるときは，試験用サンプルに使用したコンパウンドの色
 - i) 6.2.2 に規定する代替の試験方法を用いる場合，熱伝導率
- 注記 製造者が規定するコンパウンドの仕様への適合を検証することは，この編の要求事項ではない。

5.3 コンパウンドの特性

5.3.1 吸水性

コンパウンドは，8.1.1 に従って試験する。この試験をしない場合，第 1 編（総則）の表示の要求事項に従って，機器の認証番号の末尾に記号 X を表示し，認証書の特定の使用条件の中に必要な対策の詳細を記載する。

5.3.2 耐電圧性能

8.2.2 a) による最高使用時到達温度での IEC 60243-1 による耐電圧性能が，材料の製造者から入手できないときは，8.1.2 に従って試験を行う。

注記 製造者が規定するコンパウンドの仕様への適合を検証することは，この編の要求事項ではない。

6 温度

6.1 一般事項

第 1 編（総則）に基づき決定するコンパウンドの使用時到達温度は，コンパウンドの COT の最大値を超えてはならない。最高表面温度は，通常運転中及び 7.2.1 に定める故障状態において，第 1 編（総則）に基づき決定する。このような故障状態において，樹脂充填防爆構造“m”が悪影響を受けないような方法で，樹脂充填防爆機器を保護する。

6.2 許容温度の決定

6.2.1 最高表面温度

最高表面温度は，4.4 に定める電源の供給条件に従って，8.2.2 の試験方法を用いて決定する。

注記 この温度は，爆発性ガス雰囲気での機器の温度等級又は爆発性粉じん雰囲気での機器の最高表面温度（°C）のいずれか，又は両方を決定するために用いられる。

6.2.2 コンパウンドの温度

最も高温となるコンポーネントを決定する。そのコンポーネントに隣接したコンパウンドの最高温度を，8.2.2 の通常運転における試験方法を用いて決定する。

代替法として，通常運転中に最も高温となるコンポーネントの温度を，計算，製造者の仕様，又はコンパウンドの熱伝導率が空気の熱伝導率より大きい場合，意図する使用条件でコンポーネントを樹脂充填しないで試験して決定してもよい。

注記 空気の熱伝導率は，0.25 W/m·K（標準状態）と定義されている。

6.3 温度制限

機器が、7.2.1 による故障となっているとき、又は温度上昇の可能性があるとき（例えば、7.2.1 による不利な入力電圧又は不利な負荷によって）、これらを考慮して許容温度を決定する。

安全上の理由から、温度を制限するために保護デバイスを必要とするときは、そのデバイスは、7.9 に定める、機器の外側に取り付けられた又は機器と一体化した電氣的又は熱的なデバイスとする。

7 構造上の要求事項

7.1 一般事項

コンパウンドが外部容器の一部を構成するときは、コンパウンドは、非金属製容器及びその一部に関する第 1 編（総則）の要求事項に適合しなければならない。

コンパウンドの表面が完全に又は部分的に容器で取り囲まれ、その容器が防爆構造の一部となっている場合、その容器又はその一部は、第 1 編に規定する容器の要求事項に適合しなければならない。

機器の設置の際に、この編の要求事項を満たすために、使用者に対して更に追加の保護措置を要求することがある。例えば、直接的な衝撃から機器を保護するために、追加の機械的保護を要求することがある。そのような場合、第 1 編の表示の要求事項に従って、機器の認証番号の末尾に記号 X を表示し、認証書の特定の使用条件の中に必要な対策の詳細を記載する。

通常運転中及び 7.2 による故障発生時におけるコンポーネントの膨張に対応するため、適切な措置を講じる。

7.2～7.9 においては、コンパウンドが容器に接着するか否かによって要求事項が異なる。接着を指定するとき、その目的は、境界面（例えば、容器とコンパウンドとの境界面、コンパウンドに完全には埋め込まれていない部分（プリント基板、接続端子など）とコンパウンドとの境界面など）での爆発性雰囲気及び水分の浸入を防ぐことにある。樹脂充填防爆構造を維持するために接着を要求するときは、定められた全ての試験を完了した後も接着を維持しなければならない。

特定の用途のために使用するコンパウンドは、その果たす役割に応じて選定するのがよい。ある用途に対してコンパウンドを試験したとしても、そのコンパウンドが全ての用途に適することが保証されるわけではない。

注記 接着力の試験は、現在（2018年3月）検討中である。

7.2 故障の決定

7.2.1 故障検査

第 1 編（総則）に従って試験したとき、樹脂充填防爆構造“m”は、次のいずれの場合においても防爆性能を維持しなければならない。

- a) 最も不利な出力負荷状態の場合
 - b) 7.2.2, 7.2.3 及び 7.2.4 を考慮して、内部に数えられる故障（保護レベル“ma”では二つの故障まで、保護レベル“mb”では一つの故障まで）がある場合
- 保護レベル“mc”については、故障は考慮しない。

注記 故障の例として、コンポーネントの短絡、コンポーネントの故障及びプリント基板のトラック間の故障（機能失敗）がある。ただし、トラックの開路は含まない。

コンポーネントの故障（機能失敗）が、例えば、高抵抗と低抵抗とが交互に現れるような、不安定な状

態を生じることがある。そのような場合、最も厳しい状態について考慮する。

ある故障が、コンポーネントの過負荷などによって、それに引き続き一つ以上の故障を生じる場合、最初の故障及びそれに引き続く故障は、全体として一つの故障とみなす。

7.2.2 故障を生じないとみなすコンポーネント

保護レベル“ma”及び“mb”については、次のコンポーネントは、故障を生じないコンポーネントとみなす。ただし、それらをこの編の要求事項によって樹脂充填し、使用時到達温度での使用に適し、かつ、仕様上のデバイスの定格、取付け条件及び温度範囲に対して、定格電圧、定格電流及び定格電力の 2/3 以下で使用する場合に限る。

- － 抵抗器
- － 単層のスパイラルコイル
- － プラスチックフィルムコンデンサ
- － 紙コンデンサ
- － セラミックコンデンサ
- － 半導体
- － 半導体デバイス（7.9 に従って保護デバイスとして使用するものに限る。）
- － 抵抗器（7.9 に従って保護デバイスとして使用し、第 6 編（本質安全防爆構造）の保護レベル“ia”又は“ib”の電流制限抵抗に適合する場合に限る。）

保護レベル“ma”及び“mb”に対しては、第 5 編（安全増防爆構造）に適合する巻線（線径 0.25 mm 未満のものを含む）は、それらをこの編の要求事項に従って樹脂充填しているときは、故障（機能失敗）を生じないとみなす。

7.2.3 絶縁分離コンポーネント

異なる回路を分離するための、次のいずれかに該当するコンポーネントは、絶縁されているとみなし、分離を損なうような故障を生じないとみなす。

- ・ ガルバニック分離したコンポーネント（例えば、フォトカプラ及びリレー）
 - － 定格耐電圧が $2U + 1,000 \text{ V}_{\text{rms}} \begin{smallmatrix} +5\% \\ 0\% \end{smallmatrix}$ 又は $1,500 \text{ V}_{\text{rms}}$ のいずれか大きい方の値に適合しなければならない（ U は、両回路の定格実効電圧の和），又は
 - － 60 V を超える分離（両回路の定格実効値電圧の和）間の定格耐電圧については、フォトカプラ及びリレーは、回路間に IEC 61140 による二重絶縁又は強化絶縁を備える，又は
 - － 第 6 編（本質安全防爆構造）の保護レベル“ia”又は“ib”に適合する。
- ・ 変圧器
 - － IEC 61558-2-6 に適合する，又は
 - － IEC 61558-1 による回路間に二重絶縁又は強化絶縁を備える，又は
 - － 第 6 編の保護レベル“ia”又は“ib”に適合する。

注記 1 分離に関し、製造者の仕様によって上記の規格又は編に適合することを検証することは、この編の要求事項ではない。

注記 2 製品規格（例えば、フォトカプラに関する IEC 60747-5-5）に従って二重又は強化絶縁したコンポーネントをガルバニック分離することは、IEC 61140 の要求事項を満足するとみなす。

7.2.4 故障を生じない離隔距離

7.2.4.1 一般事項

次のいずれかの裸充電部間の距離が、7.2.4.2 の要求事項及び 7.2.4.3 の要求事項（該当する場合）に適合する場合、7.2.1 に記述する故障のうち絶縁破壊を生じる可能性を考慮する必要はない。

- － 同じ回路
- － 回路及び接地金属部分
- － 二つの異なる回路（動作電圧の総和を表 1 の電圧に当てはめる。使用電圧の一方が他方の電圧の 20 %未満のとき、その電圧は無視する。）

7.2.4.2 充填物離隔距離

保護レベル“ma”及び“mb”に対しては、その充填物離隔距離が表 1 の値に適合する場合、短絡故障を生じないとみなす。ただし、樹脂充填を行う前に、コンパウンド内で離隔距離が固定されている又は機械的に確保されている場合に限る。

注記 特定の最小厚さを持ち、適切に接着された非金属製容器が、表 4 の記号 c 及び図 1 に従って、コンパウンドの厚さゼロを許容するときは、関連の通電部分の離隔距離は、短絡故障を生じないとみなしてよい。

保護レベル“mc”についての最小距離と、保護レベル“ma”及び“mb”についての故障が生じない距離との間の離隔距離は、故障が生じないとはみなさず、数えられる故障として評価を行う。保護レベル“mc”について規定する距離未満の離隔距離は、それが樹脂充填防爆構造“m”を損なう場合、短絡するとみなす。

保護レベル“mc”については、表 1 の値は構造上の要求事項であり、樹脂充填を行う前に機械的に調整を行うことによって達成可能である。

表 1 充填物離隔距離

電圧 U (実効値又は直流) (a 参照) V	最小距離 mm		
	“ma”	“mb”	“mc”
≤ 32	0.5	0.5	0.2
≤ 63	0.5	0.5	0.3
≤ 400	1	1	0.6
≤ 500	1.5	1.5	0.8
≤ 630	2	2	0.9
≤ 1,000	2.5	2.5	1.7
≤ 1,600	-	4	4
≤ 3,200	-	7	7
≤ 6,300	-	12	12
≤ 10,000	-	20	20

a 表中の電圧は、IEC 60664-1 から引用したものであり、IEC 60664-1 の表 3b に示される電源電圧を基にしている。要求する離隔距離の決定にあたっては、使用電圧は表の値の 1.1 倍とすることができる。

注 係数 1.1 は、回路中の多くの箇所において、使用電圧は定格電圧と等しく、かつ、係数 1.1 で対応可能な定格電圧が多くあることに基づくものである。

7.2.4.3 固体絶縁物離隔距離

樹脂充填防爆構造“m”を保持するための固体絶縁物離隔距離は0.1 mm以上とし、かつ、8.2.4の耐電圧試験に合格しなければならない。

7.3 樹脂充填内部の自由空間

7.3.1 グループⅢの樹脂充填防爆機器

自由空間の総和に制限はない。ただし、個々の自由空間の容量は100 cm³以下とする。自由空間の周りのコンパウンドの厚さは、表2の要求事項に適合しなければならない。

表2 グループⅢの樹脂充填防爆機器の自由空間近傍のコンパウンドの最小厚さ

保護レベル	次のものに対する自由空間近傍のコンパウンドの最小厚さ	自由空間 (1 cm ³ 以下)	自由空間 (1 cm ³ を超え 100 cm ³ 以下)
“ma”	自由空間又は自由表面	3 mm	3 mm
	非金属又は金属容器（接着あり）	3 mm（容器+コンパウンド） ^a	3 mm（容器+コンパウンド） ^a
	非金属又は金属容器（接着なし）	3 mm	3 mm
“mb”	自由空間又は自由表面	1 mm	3 mm
	非金属又は金属容器（接着あり）	1 mm（容器+コンパウンド）	3 mm（容器+コンパウンド） ^a
	非金属又は金属容器（接着なし）	1 mm	3 mm
“mc”	自由空間又は自由表面	1 mm	1 mm
	非金属又は金属容器（接着あり）	1 mm（容器+コンパウンド）	1 mm（容器+コンパウンド）
	非金属又は金属容器（接着なし）	1 mm	1 mm
^a 容器壁の厚さ ≥ 1 mm この表から得た材料の厚さは、第1編（総則）で要求する他の機械的試験への適合を意味するものではない。 注 接着ありの金属容器は、自由空間に通電部分がない場合に限り、自由空間に対するコンパウンドの厚さがないことが許容される。			

7.3.2 グループⅠ及びグループⅡの樹脂充填防爆機器

自由空間の総和は、次の数値を超えてはならない。

- ・保護レベル“mb”及び“mc”については、100 cm³
- ・保護レベル“ma”については、10 cm³

自由空間の周りのコンパウンドの最小厚さは、表3に適合しなければならない。

表3 グループⅠ及びグループⅡの樹脂充填防爆機器の自由空間に隣接するコンパウンドの最小厚さ

保護レベル	次のものに対する自由空間に隣接するのコンパウンドの最小厚さ	自由空間 (1 cm ³ 以下)	自由空間 (1 cm ³ を超え 10 cm ³ 以下)	自由空間 (10 cm ³ を超え 100 cm ³ 以下)
“ma”	自由空間又は自由表面	3 mm	3 mm (8.2.6 に従う圧力試験)	許容しない
	非金属又は金属容器 (接着あり)	3 mm (容器+コンパウンド) ^a	3 mm (容器+コンパウンド) ^a (8.2.6 に従う圧力試験)	許容しない
	非金属又は金属容器 (接着なし)	3 mm	3 mm (8.2.6 に従う圧力試験)	許容しない
“mb”	自由空間又は自由表面	1 mm	3 mm	3 mm (8.2.6 に従う圧力試験)
	非金属又は金属容器 (接着あり)	1 mm (容器+コンパウンド)	3mm (容器+コンパウンド) ^a	3 mm (容器+コンパウンド) ^a (8.2.6 に従う圧力試験)
	非金属又は金属容器 (接着なし)	1 mm	3 mm	3 mm (8.2.6 に従う圧力試験)
“mc”	自由空間又は自由表面	1 mm	1 mm	3 mm
	非金属又は金属容器 (接着あり)	1 mm (容器+コンパウンド)	1 mm (容器+コンパウンド)	3 mm (容器+コンパウンド) (注参照)
	非金属又は金属容器 (接着なし)	1 mm	1 mm	3 mm
^a 容器壁の最小厚さ ≥ 1mm				
この表から得た材料の厚さは、第1編(総則)で要求する他の機械的試験への合格を意味するものではない。 注 接着ありの金属容器は、自由空間に通電部分がない場合に限り、自由空間に対するコンパウンドの厚さが許容される。				

7.4 コンパウンドの厚さ

7.4.1 樹脂充填防爆機器

電気コンポーネント及び回路の周りのコンパウンドの最小厚さは、表4及び図1に適合しなければならない。

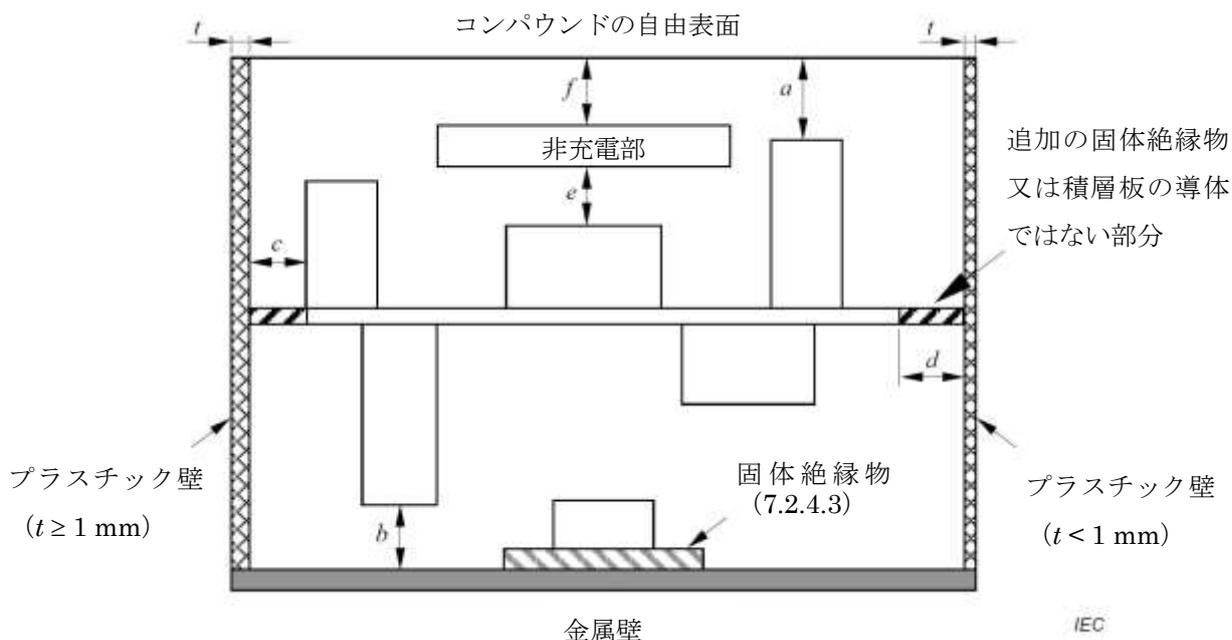
図1に示すように、金属壁をもつ容器に7.2.4.3による固体絶縁を用いる場合、コンパウンドは、その器壁に接着する。

注記1 図1は、必ずしも実際の構造を示すものではないが、自由空間、金属製容器、異なる壁厚のプラスチック製容器を含む樹脂充填回路を示すことによって、表4を理解しやすくする意図がある。

特定の最小厚さを持ち、適切に接着された非金属製容器が、図1及び表4の記号cに従って、コンパウンドの厚さゼロを許容するときは、関連の通電部分の分離距離は、短絡故障を生じないとみなす。

注記2 充電部分に関連する分離距離（沿面距離及び絶縁空間距離）であってコンパウンドの厚さがないことが許容されており、かつ、短絡故障を生じないとされているものは、関係する工業規格の該当する安全上の要求事項に従って評価される。

全ての場合において、コンパウンドは、8.2.4の耐電圧試験にかける。



凡例：

- a 自由表面までの距離
- b 金属容器までの距離
- c 容器壁厚 (t) が 1 mm 以上の非金属製容器までの距離
- d 容器壁厚 (t) が 1 mm 未満の非金属製容器までの距離
- e コンパウンド内の非充電部までの距離
- f 非充電部から自由表面までの距離

図1 コンパウンドを通した厚さについての寸法的な要点

表 4 コンパウンドの厚さ

	保護レベル“ma”	保護レベル“mb”又は“mc”
自由表面 $\leq 2 \text{ cm}^2$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq$ 表 1 による距離。ただし、1 mm 以上
自由表面 $> 2 \text{ cm}^2$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq$ 表 1 による距離。ただし、3 mm 以上
非金属製容器（接着あり） （容器壁厚さ $t < 1 \text{ mm}$ ）	$d \geq 3 \text{ mm}$	$d \geq$ 表 1 による距離。ただし、1 mm 以上
非金属製容器（接着あり） （容器壁厚さ $t \geq 1 \text{ mm}$ ）	$c \geq (3 \text{ mm} - t)^a$	$c \geq$ （表 1 による距離 $-t$ ） ^a
非金属製容器（接着なし）	$c = d \geq 3 \text{ mm}$	$c = d \geq$ 表 1 による距離。ただし、1 mm 以上
金属容器	$b \geq 3 \text{ mm}$	$b \geq$ 表 1 による距離。ただし、1 mm 以上
非充電部	$e \geq 3 \text{ mm}$	$e \geq$ 表 1 による距離。ただし、1 mm 以上
非充電部－自由表面	$f + e \geq a$	$f + e \geq a$
^a 接着があり、かつ、容器壁厚さ 1 mm 以上の非金属製容器の場合、計算式で $c = 0$ が許容されるのであれば、コンポーネントは、容器壁に密着してもよい。		

7.4.2 回転機の巻線

スロット巻線のある回転機については、スロットの固体絶縁物は、次による。

- 保護レベル“ma”だけについては、厚さ 0.1 mm 以上とし、スロットの端から 5 mm 以上出す。
- 保護レベル“ma”及び“mb”については、スロットの端及び巻線の巻終りを、7.4.1 による最小厚さコンパウンドで保護する。耐電圧試験は、8.2.4 に従って、試験電圧 $U = 2U + 1,000 \text{ V}_{\text{rms}}^{+5\%}_{0\%}$ で行い、これに適合しなければならない。ただし、試験電圧 U は、48 Hz～62 Hz で、1,500 V 以上とする。

ワニス及びそれと同様のコーティングは、固体絶縁物とはみなさない。

指針活用上の留意点

対応国際規格（IEC 60079-18:2014）に記載されている“electrical machine”は、この編では「回転機」と表記している。

7.4.3 スルーホール接続をもつ多層プリント基板

7.4.3.1 一般事項

IEC 62326-4-1（性能レベル C）若しくは IPC-A-600 及び IPC-A-6012 又は ANSI/UL 796 の要求事項に適合する多層プリント基板で、500 V 以下の電圧で使用するものは、7.4.3.2 を満たすときは樹脂充填しているとみなす。

注記 プリント基板が製造者の性能上の仕様に合致しているかを検証することは、この編の要求事項ではない。

7.4.3.2 最小距離

銅張り積層板及び接着フィルムの絶縁厚さは、7.2.4.3 の要求事項に適合しなければならない。

注記 絶縁厚さは、積層板と接着フィルムとが銅で分離されていないときは、これらの合計である。プリント基板の導体と、多層プリント基板の板端又はそのスルーホールとの間の最小距離は、表 5 の b

以上とする。板端又はスルーホールから多層プリント基板の表面に沿って1 mm 以上延びた金属、又は絶縁材で多層プリント基板の板端若しくはスルーホールを保護する場合、プリント基板の導体と、金属又は絶縁材との距離は、表 5 の *c* の距離にまで減少してもよい。金属コーティングは、最小厚さを 35 μm とする（図 2 及び表 5 参照）。

表 5 多層プリント基板の最小距離

距離	保護レベル "ma"	保護レベル "mb"	保護レベル "mc"
<i>a</i>	3 mm	0.5 mm	0.25 mm
<i>b</i>	3 mm	3 mm	1 mm
<i>c</i>	3 mm	1 mm	0.5 mm
<i>d</i>	0.1 mm, 7.2.4.3 参照	0.1 mm, 7.2.4.3 参照	0.1 mm, 7.2.4.3 参照
<i>e</i>	表 1 に従う	表 1 に従う	表 1 に従う

a: カバー層を通した外側表面と充電部との間の距離
b: カバー層に沿った外側表面と充電部との間の距離
c: プリント基板の板端又はスルーホールからプリント基板の外側表面に沿って延びる金属又は絶縁材の長さ
d: 分離を要求するときの、接着フィルム又はコア材の厚さ
e: 分離を要求するときの、多層プリント基板の内層にある二つの回路間の距離

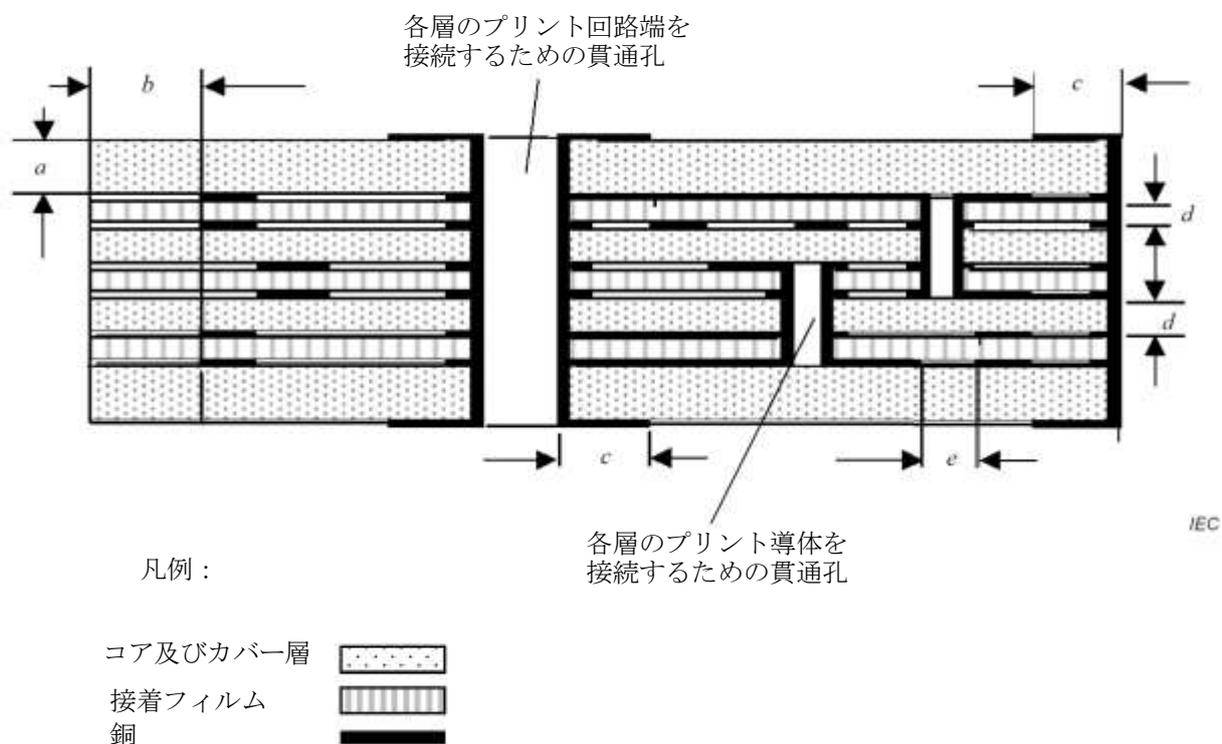


図 2 多層プリント基板の最小距離

7.5 開閉接点

7.5.1 一般事項

開閉接点は、追加の容器を備えなければならない。

注記 樹脂充填の工程において、コンパウンドが開閉接点の容器の中に入ると開閉接点の機能が損なわれることがある。

7.5.2 保護レベル“ma”

追加の容器は、樹脂充填を行う前に、第8編（非点火爆構造）で規定するハーメチックシール式デバイスの要求事項を満たさなければならない。

注記 充填時に生じる応力によってハーメチックシールに損傷が生じると、デバイスの防爆構造が損なわれることがある。

開閉接点の定格は、60 V 以下かつ 6 A 以下とする。開閉電流が、コンポーネントの製造者が指定した定格電流の 2/3 を超える場合、開閉接点を収容する追加の容器は、無機材料で作る。

7.5.3 保護レベル“mb”

追加の容器は、開閉電流がコンポーネントの製造者が指定する定格電流の 2/3 又は 6 A を超える場合、無機材料で作る。

7.5.4 保護レベル“mc”

追加の容器は、開閉電流が 6 A を超える場合、無機材料で作る。

7.6 外部配線接続部

7.6.1 一般事項

恒久的に接続するケーブルの固定にコンパウンドを使用する場合、ケーブルは曲げによる損傷から適切に保護し、かつ、8.2.5 に従って、ケーブルの引留機能試験にかける。

この試験は、Ex コンポーネントに対して、又は樹脂充填防爆構造“m”で保護されるデバイスの容器が外部容器として使用されない場合には行わない。

7.6.2 保護レベル“ma”の樹脂充填防爆機器に対する追加の要求事項

外部配線接続部は、次の要求事項を満たさなければならない。

保護レベル“ma”の機器は、第6編（本質安全防爆構造）による保護レベル“ia”の回路から電源を供給する、又は、次のいずれかの要求事項に適合する接続部をもたなければならない。

- EPL Ga に対しては、IEC 60079-26 の要求事項
- EPL Da に対しては、第9編（容器による粉じん防爆構造）の保護レベル“ta”の要求事項

7.7 裸充電部の保護

要求する EPL に応じて、コンパウンドの表面を通り抜ける裸充電部を、同じ EPL で、第1編（総則）に掲げる他の防爆構造を用いて保護する。

注記 これは、機器には第1編に従って、複数の防爆構造の表示をすることを意味する。

7.8 セル及びバッテリー

7.8.1 一般事項

潜在的なガスの放出に対するバッテリーの制御手段を評価するときには、運転温度の全範囲、内部抵抗及び電圧保持能力を考慮する。バッテリーは、不平衡になることを想定するが、無視できるほど小さい内部抵

抗又は電圧保持能力をもつセルについては、これを考慮する必要はない。

特に除外しない限り、7.8 は、全ての保護レベルに適用する。

保護レベル“ma”については、セルの並列接続に対する緩和措置（これは、樹脂充填だけによって保護する機器には許容しない。）を除き、セル及びバッテリーは、第6編（本質安全防爆構造）のセル及びバッテリーの要求事項にも適合しなければならない。

7.8.2 ガス放出の防止

通常運転中にガスを放出することがある電気化学システムは、許容しない。保護レベル“ma”及び“mb”については、故障発生時においてガスの放出を防止できない場合、7.8.8 に従う制御デバイスによってガスの放出を最小化しなければならない。二次セルに関しては、その制御デバイスは、充電中だけでなく放電中も有効とする。これは、危険場所外での充電にも適用する。

特に、次による。

- a) 排気口付きセルは、使用しない。
- b) 制御弁式ガス密閉形セルは、使用しない。
- c) 電気機器の周囲温度範囲内において、いかなる使用条件又は故障条件においても、ガスを放出しないガス封止形セルは、7.8.8 に従って、制御デバイスなしで使用してよい。

7.8.2 c) の要求事項を満たさないガス封止形セルは、7.8.8 に従う制御デバイスを備える。

7.8.3 セル又はバッテリーが許容できない温度及び損傷に対する保護

最悪条件の負荷（7.8.5 参照）において、セル又はバッテリーの最高使用時到達温度は、セル又はバッテリーの製造者が指定する温度、又はその指定がない場合 80 °C を超えてはならず、かつ、最大充電電流及び最大放電電流は、製造者が指定する安全値を超えてはならない。その手法は、次のいずれかによる。

- a) コンパウンド内での許容できない過熱又はガスの放出を防止するため、7.8.8 に定める制御デバイスを一つ以上備える。
- b) 電流をセルの定格に制限する直列抵抗器、及び逆充電を防止するブロッキングダイオードを備える。

いずれの場合も、該当する場合、7.8.4～7.8.7 の要求事項を適用する。

7.8.4 逆電流

同じ容器内に他の電圧源をもつ保護レベル“ma”及び“mb”については、樹脂充填したセル又はバッテリー、及びその関連回路は、充電用に特別に設計した回路以外の回路からの充電に対して保護する。例えば、逆電流の原因となる最も高い電圧に対し、表 1 に定める充填物離隔距離を用いて、セル又はバッテリー、及びその関連回路を、容器内の他の全ての電圧源から分離する。代替法として、保護レベル“mb”では、一つのブロッキングダイオードによって、また、保護レベル“ma”では、二つのブロッキングダイオードによって、表 1 に定める充填物離隔距離を用いて、他の電圧源からセル又はバッテリーだけを分離させてもよ



IEC

注記 図は、保護レベル“ma”の配置を示す。

図3 ブロッキングダイオードの取付け

い。このとき、ブロッキングダイオードは、図 3 に示すように接続し、一つの故障で両方のダイオードが短絡する危険性を軽減するように配置する。

7.8.5 電流制限

最高表面温度は、機器の製造者が指定する最大負荷において許容する最大放電電流、又は保護デバイスにおいて許容する最大放電電流（7.9 参照。例えば、ヒューズの定格電流の 1.7 倍）を用いて決定する。負荷も保護デバイスも指定しない場合、負荷を短絡して決定する。

セル又はバッテリーの製造者が指定する最大放電電流を確実なものとするために、IEC 60127 若しくは IEC 60691 又は ANSI/UL 248 シリーズによる抵抗器、電流制限デバイス又はヒューズを使用してもよい。交換可能なヒューズを使用する場合、機器に、その定格及び機能を表示する。

注記 抵抗器、電流制限デバイス又はヒューズが製造者の仕様に合致することを検証することは、この編の要求事項ではない。

7.8.6 セルの転極及び過放電に対する保護

4 個以上のセルを直列で使用する時、保護レベル“ma”及び“mb”については、セルの電圧を監視する。放電中、電圧が、セル又はバッテリーの製造者が指定するセルの電圧の下限値を下回る場合、制御デバイスによってセル又はバッテリーを切り離す。保護レベル“mc”については、4 個以上のセルを直列に接続する場合、セルの転極を防ぐための予防措置を講じる。

注記 1 数個のセルを直列接続する場合、バッテリー内に異なる容量のセルがあることに起因して、放電中にセルが転極を起こすことがある。転極したセルは、許容しない量のガスを発生することがある。

放電中の逆極性充電を防止するために過放電保護回路を使用する場合、最小カットオフ電圧は、セル又はバッテリーの製造者が指定する値とする。負荷を切り離した後、電流は、1,000 時間率での放電容量以下でなければならない。

注記 2 そのような保護は、セルが「過放電」の段階へと進むのを防止するためにしばしば用いられる。監視しようとする直列接続された電池の数が多すぎると、個々のセル及び保護回路の許容差のために、保護が信頼性よく機能しないことがある。一般に、7 個以上のセル（直列接続）を一つのユニットで保護することは効果的ではない。

7.8.7 セル又はバッテリーの充電

7.8.7.1 保護レベル“ma”及び“mb”

充電回路は、機器の一部として指定する。充電システムは、次のいずれかとする。

- a) 充電システムの一つの故障によって、充電電圧及び充電電流が、製造者の指定する制限値を超えない。
- b) 充電中に、セルの電圧又は充電電流が、セル又はバッテリーの製造者の指定する制限値を超える可能性がある場合、充電中のガスの放出及び製造者の最高定格セル温度を超える可能性を最小化するため、7.9 に従って別個の保護デバイスを備える。

7.8.7.2 保護レベル“mc”

充電システムは、通常運転中、充電電圧及び充電電流が、機器の指定温度範囲に基づいて製造者が指定した限度を超えてはならない。電気機器と一体化しているセル及びバッテリーを危険場所で充電する場合、

機器設計の一部として充電器の仕様を十分に規定しておく。電気機器と一体化しているセル若しくはバッテリー、又は電気機器から取り外しできるセル若しくはバッテリーを非危険場所で充電する場合、機器の製造者が指定する限度内で充電を行う。

7.8.8 セル又はバッテリーのための制御安全デバイスの要求事項

要求する場合、制御デバイスは、制御システムの安全関連部品を構成する。そのシステムの完全性を維持するために必要な情報は、製造者が提供する。

注記 ISO 13849-1（機械安全—制御システムの安全関連部品—第1部：設計の一般原則）のPLcの要求事項を満足する安全関連部品は、この細分箇条（7.8.8）を満足する。

7.9 保護デバイス

7.9.1 一般事項

樹脂充填防爆機器において、保護レベル“mb”では一つの故障、また、保護レベル“ma”では二つの故障にさらされるとき、最高表面温度を超えないようにするために保護デバイスを用いる場合、その保護デバイスは、機器の外部に設ける、又は機器に直接一体化して設ける。保護レベル“ma”の保護デバイスは、復帰不能（non resettable）なものとする。保護レベル“mb”の熱的保護デバイスは、復帰可能（resettable）なものでよい。

保護デバイスは、これを設置する回路の最大故障電流を遮断する能力をもたなければならない。保護デバイスの定格電圧は、少なくともこれを設置する回路の動作電圧には一致させる。

樹脂充填防爆機器がセル又はバッテリーを内蔵し、過熱（7.8.5 参照）を防ぐために制御デバイスを備えているときは、その制御デバイスは、同じコンパウンド内の他の全てのコンポーネントを最高表面温度を超えないように保護するのであれば、保護デバイスとみなすことができる。

注記1 保護デバイスは、機器の故障及び予期しない過負荷から保護するために使用するものである（過負荷は過熱を生じ、及び／又は、機器の運転寿命を永久的に損傷又は短縮させる）。復帰可能なデバイスを使用する場合、取扱説明書には、使用者に対する望ましい復帰手順に関する情報を含める。その取扱説明書においては、デバイスを復帰するための外部の運転条件、及びその後の望ましい監視方法について考慮するのがよい。

注記2 自己復帰及び手動復帰デバイスはともに、この編においては、復帰可能なデバイスとみなす。

保護レベル“ma”において、復帰不能な保護デバイスが IEC 60127 シリーズ、IEC 60691、又は ANSI/UL 248 シリーズに適合する場合、そのデバイスは一つだけでよい。これは、7.9.2 及び 7.9.3 に適用する。

注記3 復帰不能な保護デバイスが、製造者の仕様に適合していることを検証することは、この編の要求事項ではない。

注記4 ANSI/UL 248-1 は、低電圧ヒューズに対する適用可能な総合的安全要求事項（遮断容量又は定格遮断容量を設定するための要求事項を含む。）を定めている。ANSI/UL 248 シリーズの他のパートには、ヒューズの用途に基づく追加的な特定の安全要求事項の規定（例えば、ANSI/UL 248-14 では、補助用低電圧ヒューズ（supplemental low-voltage fuses）に関する規定）がある。

7.9.2 電氣的保護デバイス

7.9.2.1 一般事項

保護デバイスは、それをを用いる回路の定格電圧以上の定格電圧をもち、かつ、回路の故障電流以上の遮断容量をもたなければならない。

他に規定がない限り、ヒューズは、定格電流の 1.7 倍の電流を連続的に流す能力をもつとみなす。ヒューズの製造者が規定したヒューズの時間－電流特性は、最高表面温度を超えないことを確実にするものでなければならない。電氣的保護デバイスについては、保護レベル“ma” に対しては二つのデバイスを通常直列したものを、また、保護レベル“mb” に対しては一つのデバイスを要求する。保護レベル“ma” において、二つのデバイスが直列接続でない場合、いずれか一方のデバイスが起動したとき、そのデバイスが保護する回路の電源を遮断しなければならない。保護レベル“ma” の二つの保護デバイスは、冗長化のため、同じ形式のものとする（必ずしも、同じ製造者の同じパーツ番号のものでなくてもよい。）。

保護レベル“mc” には、電氣的保護デバイスは要求しない。

注記 定格電圧 250 V 以下の電力供給網の場合、推定短絡故障電流は一般的に 1,500 A である。

7.9.2.2 樹脂充填防爆機器に接続する保護デバイス

保護デバイスが樹脂充填防爆機器の外部にある場合、その保護デバイスは、7.9.2 に従う樹脂充填防爆機器の安全のために必要な機器であるとみなす。この特定の使用条件は認証書に記載し、第 1 編（総則）の特定の使用条件に従って機器に表示する。

外部保護デバイスを使用し、それを樹脂充填防爆機器に接続する場合、そのデバイスは、該当する保護レベル“ma”、“mb”又は“mc”に適合するものでなければならない。

注記 そのような保護デバイスを意図的に使用しないことは、保護レベルの喪失につながる。外部保護デバイスを、保護レベル“ma”の機器に、電圧、電流及び電力の正しい適用を制御するために用いる場合、外部保護デバイス又は保護回路の性能は、一つの数えられる故障があっても安全である。電圧、電流及び電力の許容値は、樹脂充填防爆機器の熱的特性によって決定される。

7.9.3 熱的保護デバイス

熱的保護デバイスは、コンポーネントの故障又は最高表面温度の超過などによる局所的な加熱に起因する損傷からコンパウンドを保護するために使用する。

復帰不能なデバイスは、その運転温度を超える温度に規定の時間さら（曝）されたときに、復帰することなく、かつ、恒久的に回路を開放状態としなければならない。監視するコンポーネントと熱的保護デバイスとの間で、熱的に十分な結合をする。熱的保護デバイスの開閉能力を定めるとともに、その能力を、回路の最大許容負荷以上とする。

復帰可能な熱的保護デバイスを使用する場合、保護レベル“mb”に対しては二つの保護デバイスを通常直列接続したものを、また、保護レベル“mc”に対しては一つの保護デバイスを要求する。保護レベル“mb”において、二つの復帰可能な熱的保護デバイスが直列接続でない場合、いずれか一方のデバイスが起動したとき、そのデバイスが保護する回路の電源を遮断しなければならない。保護レベル“mb”の二つの保護デバイスは、冗長化のため、同じ形式のデバイスとする（必ずしも、同じ製造者の同じパーツ番号のものでなくてもよい。）。

開閉接点をもつ復帰可能な熱的保護デバイスは、そのデバイスの製造者が指定する定格電流の 2/3 以下で使用する。

開閉接点をもつ復帰可能な熱的保護デバイスは、IEC 60730-2-9 に適合させる、又は 8.2.7.1 に従って試験する。

開閉接点をもたない復帰可能な熱的保護デバイスは、IEC 60738-1 に適合させる、又は 8.2.7.2 に従って試験する。

注記 1 機能上の理由で、この箇条で規定する熱的保護デバイス以外の追加の復帰可能なデバイスがよく使用される。これらのデバイスは、一般に、熱的保護デバイスの運転温度より低い温度で作動する。

注記 2 復帰不能な保護デバイスが、製造者の仕様に適合していることを検証することは、この編の要求事項ではない。

7.9.4 組込み保護デバイス

樹脂充填防爆機器と一体化した保護デバイスは、樹脂充填工程でコンパウンドが侵入しないような封止形とする。

樹脂充填に対する保護デバイスの適合性は、次のいずれかによって確認する。

- a) 保護デバイスの製造者からの文書
- b) 8.2.8 によるサンプルの試験

注記 ガラス、プラスチック、セラミックス又は他の方法でシールしたデバイスは、封止形とみなす。

8 型式試験

8.1 コンパウンドの試験

8.1.1 吸水試験

5.3.1 で要求するとき、試験は、樹脂充填防爆機器に用いるコンパウンドのサンプルに対して行う。

乾燥したコンパウンドのサンプル 3 個を試験にかける。サンプルは、直径 (50 ± 1) mm、厚さ (3 ± 0.2) mm の円板とする。サンプルの質量を測定し、次に、水温 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ の水に 24 時間以上浸漬する。その後、水から取り出し、水分を拭き取って、1 分以内に再度質量を計測する。質量の増加は、1 % 以下でなければならない。

この試験では、蒸留水の使用は要求しない。

8.1.2 耐電圧試験

サンプルは、直径 (50 ± 1) mm、厚さ (3 ± 0.2) mm の円板とする。サンプルは、コンパウンドの最高使用時到達温度に到達するように設定した温度制御可能なオープン内に、直径 (30 ± 1) mm の電極の間に対称的に配置する。

周波数 $48\text{Hz} \sim 62\text{Hz}$ の電圧 $4\text{ kV}_{\text{rms}}^{+5\%}_{0\%}$ を 5 分以上印加する。試験中、フラッシュオーバー又は絶縁破壊が生じてはならない。

8.2 機器の試験

8.2.1 試験の順序

試験の順序及びサンプルの数は、附属書 B に定める。

8.2.2 最高温度

次の要求事項を確実にするために、樹脂充填防爆機器のサンプル 1 個について型式試験を行う。

- a) 通常運転において、6.1 に定める温度限度を超えない。

b) 保護レベル“ma”及び“mb”については、7.2.1 に定める故障条件の下で最高表面温度を超えない。

外部負荷がない樹脂充填防爆機器については、4.4 の供給条件を考慮して、第1編（総則）の温度測定に従って試験を行う。

外部負荷をもつ樹脂充填防爆機器においては、保護レベル“ma”及び“mb”については、保護デバイスが作動しない最大値に電流を調整して試験を行う。保護レベル“mc”については、通常運転及び通常予期する事象において指定する負荷パラメータを用いて、試験を行う。

EPL Da 用に設計した保護レベル“ma”の機器については、最高表面温度は、製造者の取扱説明書に従って取り付け、かつ、全ての可能な面を厚さ 200 mm 以上の粉じん層で覆った機器を用いて行う。温度上昇率が 1 K/24 h 以下となったら、最終温度に到達したとみなす。

注記 非線形の外部負荷，入力電力制御，又は定義が困難な故障（機能失敗）モードのような特性をもつ機器については、機能不全状態において、要求する温度制限を達成するために、試験，シミュレーション及び分析が行われることがある。

8.2.3 熱安定性試験

8.2.3.1 高温熱安定性試験

8.2.3.1.1 保護レベル“ma”及び“mb”

試験は、第1編（総則）に従って行う。試験用の基準使用時到達温度として用いる温度は、次のいずれかとする。

- a) 通常運転時のテストサンプルの最高表面温度+20 K
- b) 通常運転におけるコンパウンド中のコンポーネント表面の最高温度（6.2.2 参照）

8.2.3.1.2 保護レベル“mc”

試験は、第1編（総則）に従って行う。

試験のための基準使用時到達温度として使用する温度は、通常運転時のサンプルの最高表面温度とする（6.2.1 参照）。

8.2.3.2 低温熱安定性試験

試験は、第1編（総則）に従って行う。

8.2.3.3 判定基準

各試験後、サンプルについて目視検査を行う。コンパウンドに樹脂充填防爆構造を損なうような目に見える損傷、例えば、コンパウンドの亀裂、樹脂充填した部分の露出、接着不良、容認できない収縮、変色、膨張、変質又は軟化があってはならない。コンパウンドの表面の変色（例えば、エポキシ樹脂の場合の酸化）は、許容する。

さらに、温度ヒューズを除き、安全性を保持する電氣的保護デバイスの機能が保持されていることを検証する。

8.2.4 耐電圧試験

8.2.4.1 試験手順

該当する場合、試験は、次の回路構成について行う。

- a) ガルバニック絶縁した回路間
- b) 各回路と全ての接地した部分との間

c) 各回路とコンパウンドの表面又は非金属製容器との間。ただし、必要な場合、コンパウンドの表面又は非金属製容器を導電性はく（箔）で覆う。

a) については、使用する電圧 U は、試験する二つの回路の定格電圧の和とし、また、b) 及び c) については、使用する電圧 U は、試験する回路の定格電圧とする。

b) については、回路と接地した部分との間に、過渡抑制コンポーネントを含む回路を接続している場合、そのコンポーネントを含まない特別な試験サンプルを型式試験にかけることを許容する。

耐電圧性能は、次のいずれかの試験によって検証する。

- ・電気機器のそれぞれのアイテムに対する関係する工業規格による試験
- ・下の 1) 又は 2) に従う試験電圧での試験（10 秒以上かけて規定の値にまで徐々に増加させ、その後絶縁破壊を起こすことなく 60 秒以上保持する。）。

1) 電圧 U がピーク値で 90 V 以下の機器の場合、試験電圧は、48 Hz～62 Hz で $500 V_{\text{rms}}^{+5\%}_{0\%}$ とする。代替法として、試験電圧を、直流 $700 V^{+5\%}_{0\%}$ としてもよい。

2) 電圧 U がピーク値で 90 V を超える機器の場合、試験電圧は 48 Hz～62 Hz で $2U+1,000 V_{\text{rms}}^{+5\%}_{0\%}$ とする。ただし、 $1,500 V_{\text{rms}}$ 以上とする。代替法として、試験電圧を $2U+1,400 V_{\text{dc}}^{+5\%}_{0\%}$ とする。ただし、直流 2,100 V 以上とする。

試験電圧は、10 秒以上かけて規定の値にまで徐々に増加させ、その後 60 秒以上保持する。

注記 1 電磁両立性を理由に、干渉パルスの抑制用として容器に接続したコンポーネントを内蔵している機器については、それが試験中に損傷する可能性がある場合、部分放電試験を代替法として行うことがある。

注記 2 試験する回路に外部から接続できない場合、追加の接続部をもつ特別なサンプルを用意することができる。

8.2.4.2 判定基準

試験中に、絶縁破壊又はアークが生じなければ合格と判定する。

注記 一般に、試験中に流れる電流は、5 mA（実効値）以下である。

8.2.5 ケーブルの引留機能試験

8.2.5.1 試験手順

この試験は、一つの試験用サンプルは、事前に応力が加えられていないものを使用して $(21 \pm 2) ^\circ\text{C}$ で行う。

もう一つの試験用サンプルは、8.2.3.1 に従ってケーブル引込み口での最高温度で前処理を行った後、ケーブルの引留試験を行う。

引張力（単位 N）は、ケーブルの直径（単位 mm）の 20 倍の値、又は樹脂充填防爆機器の質量（単位 kg）の 50 倍の値のいずれか低い方の値とする。恒久的に設置する場合、この値は、要求値の 25 % にまで軽減できる。最小引張力は 1 N で、最小印加時間は 1 時間とする。力は、サンプルに対して最も厳しい向きに加える。

8.2.5.2 判定基準

試験後、サンプルについて目視検査を行う。ケーブルに、防爆構造に影響を及ぼす目に見える外れが認められてはならない。樹脂充填防爆構造を損なうようなコンパウンド又はケーブルの損傷、例えば、コン

パウンドの亀裂，樹脂充填したコンポーネントの露出，接着不良があってはならない。

8.2.6 グループⅠ及びグループⅡの電気機器に対する圧力試験

8.2.6.1 試験手順

1 cm³～10 cm³の個別の自由空間をもつ保護レベル“ma”，及び10 cm³～100 cm³までの個別の自由空間をもつ保護レベル“mb”については，圧力接続部をもつサンプルを二つ用意する。試験を必要とする大きさの自由空間が二つ以上ある場合，その全ての自由空間に同時に圧力を加える。

圧力試験は，既に熱安定性試験（8.2.3 参照）を行ったサンプルについて行う。

試験は，表 6 に示す圧力で，10 秒以上行う。

保護レベル“mb”の機器に対する代替法として，100 cm³以下の自由空間をもつコンポーネントが樹脂充填しない状態で第 8 編（非点火防爆構造）に指定するシール式デバイスに対する漏れ試験（前処理，電圧試験，耐電圧試験のいずれも実施せずに）に合格している場合，圧力試験を行うことなく，樹脂充填することができる。

表 6 試験圧力

最低周囲温度 °C	試験圧力 kPa
≥ -20 ^{a)}	1,000
≥ -30	1,370
≥ -40	1,450
≥ -50	1,530
≥ -60	1,620
a) これは，第 1 編（総則）に定める標準周囲温度範囲に対して設計した機器に適用する。	

8.2.6.2 判定基準

圧力試験後，試験用サンプルを目視検査する。樹脂充填防爆構造を損なうようなコンパウンドの損傷，例えば，コンパウンドの亀裂，樹脂充填されたコンポーネントの露出又は接着不良があってはならない。自由空間と非金属製容器壁との間にコンパウンドの厚さがなくてもよい構造については，非金属製容器壁にも損傷があってはならない。

8.2.7 復帰可能な熱的保護デバイスの試験

8.2.7.1 開閉接点をもつ復帰可能な熱的保護デバイス

8.2.7.1.1 試験手順

保護デバイスの機能について検証を行う。この試験は，熱安定性試験の後に行う。保護デバイスは，定格電流を 5,000 回以上開閉できなければならない。

8.2.7.1.2 判定基準

データシートに規定された範囲で試験を行った後，保護デバイスが正常に作動するときは，合格と判定する。

8.2.7.2 開閉接点をもたない復帰可能な熱的保護デバイス

8.2.7.2.1 試験手順

保護デバイスの機能について検証を行う。この試験は、熱安定性試験の後に行う。保護デバイスは、500回以上の動作（直接又は間接的に温度上昇を制限すること）ができなければならない。

8.2.7.2.2 判定基準

データシートに規定する範囲で試験を行った後、保護デバイスが正常に作動するときは、合格と判定する。

8.2.8 組込み保護デバイスの封止試験

この試験は、5個のサンプルに対して行う。初期温度（ 25 ± 2 ）°Cのサンプルを1分以上、（ 50 ± 2 ）°Cの温水に25 mm以上の深さに急速に沈める。試験中、サンプルから気泡が出なければ、デバイスは合格とみなす。代替法として、5個のサンプルについて、樹脂充填後、コンパウンドが内部に侵入なかったことを確認する検査をするという試験を適用できる。

9 ルーチン試験及び検証

9.1 目視検査

樹脂充填防爆機器の全数について、目視検査を行う。コンパウンドの亀裂、樹脂充填した部品の露出、剥がれ、容認できない収縮、膨張、変質、接着不良（接着した部分の剥がれ）又は軟化のような損傷が認められてはならない。

9.2 耐電圧試験

外部から接続可能な回路については、回路同士の絶縁及び周囲からの絶縁を試験するために、耐電圧試験を行う。8.2.4に従って回路についての試験を行う。

代替法として、附属書Cに示す試験方法を、各回路とコンパウンドの表面又は非金属製容器との間の試験に用いてもよい。

試験電圧は、1秒以上印加する。

代替法として、試験電圧の1.2倍で100 ms以上印加してもよい。

静電容量が広く分布しているサンプルにおいては、要求する試験電圧に達するまでに長い時間を要することがあるので、実際の試験時間は100 msを相当超える。

試験中、絶縁破壊又はアークが発生しなければ、試験に合格と判定する。

注記 一般に、試験中に流れる電流は、5 mA（実効値）以下である。

上記にかかわらず、セル又はバッテリーの耐電圧試験は、第5編（安全増防爆構造）のルーチン試験の耐電圧試験の要求事項に従って行う。

機器が、回路と接地した部分との間に接続した過渡抑制コンポーネントを実装する回路を用いている場合であって、この機器をガルバニック絶縁した回路だけに用いることを意図しているときは、ルーチン試験の耐電圧試験にかける必要はない。この場合、第1編（総則）の表示に関する要求事項に従って、機器に記号Xを表示し、特定の使用条件があることを示す。

保護レベル“mc”に対しては、電気機器の個々のアイテムに対する関係する工業規格にルーチン試験の耐電圧試験が規定されている場合、その試験を、保護レベル“mc”に対するルーチン試験の耐電圧試験の

要求事項を満たすために用いることを許容する。

10 表示

第1編（総則）の要求事項に加えて、表示には、次の事項を含める。

- a) 定格電圧
- b) 定格電流
- c) 例えば、『許容短絡電流：500A』のように、短絡電流が1,500 A未満の場合、外部電源の推定短絡電流
- d) 選択肢として、例えば、『許容短絡電流：3,500A』のように、機器を1,500 A以上の短絡電流に対して設計しているときは、外部電源の許容推定短絡電流
- e) 粉じん層なしで試験した EPL Db 及び Dc のための保護レベル“mb”及び“mc”については、文字 T の後に単位 °C で表した最高表面温度を表示する（例えば、T 90 °C）。EPL Da のための保護レベル“ma”，及び、該当する場合、粉じん層ありで試験した EPL Db 及び Dc のための保護レベル“mb”及び“mc”については、最高表面温度 T_L は単位 °C を付け、粉じん層の深さ L を単位 mm の添字で示す（例えば、 T_{200} 320 °C）。粉じん層ありで試験した EPL Db 及び Dc のための保護レベル“mb”及び“mc”の場合、粉じん層なしでの最高表面温度は表示する必要はない。代替法として、上記の c) ， d) 及び e) に示した表示は、取扱説明書に含め、機器には記号 X を表示し、第1編の特定の使用条件の表示に関する要求事項に従って、特定の使用条件があることを示す。

附属書 A

(参考)

樹脂充填防爆機器のコンパウンドに対する基本的な要求事項

図 A.1 は、樹脂充填防爆機器のコンパウンドに対する基本的な要求事項を示す。

注記 この附属書は、概要だけを示すものである。特定の機器に対する試験プログラムを作成するときは、該当する要求事項の詳細について、特別な注意が必要である。

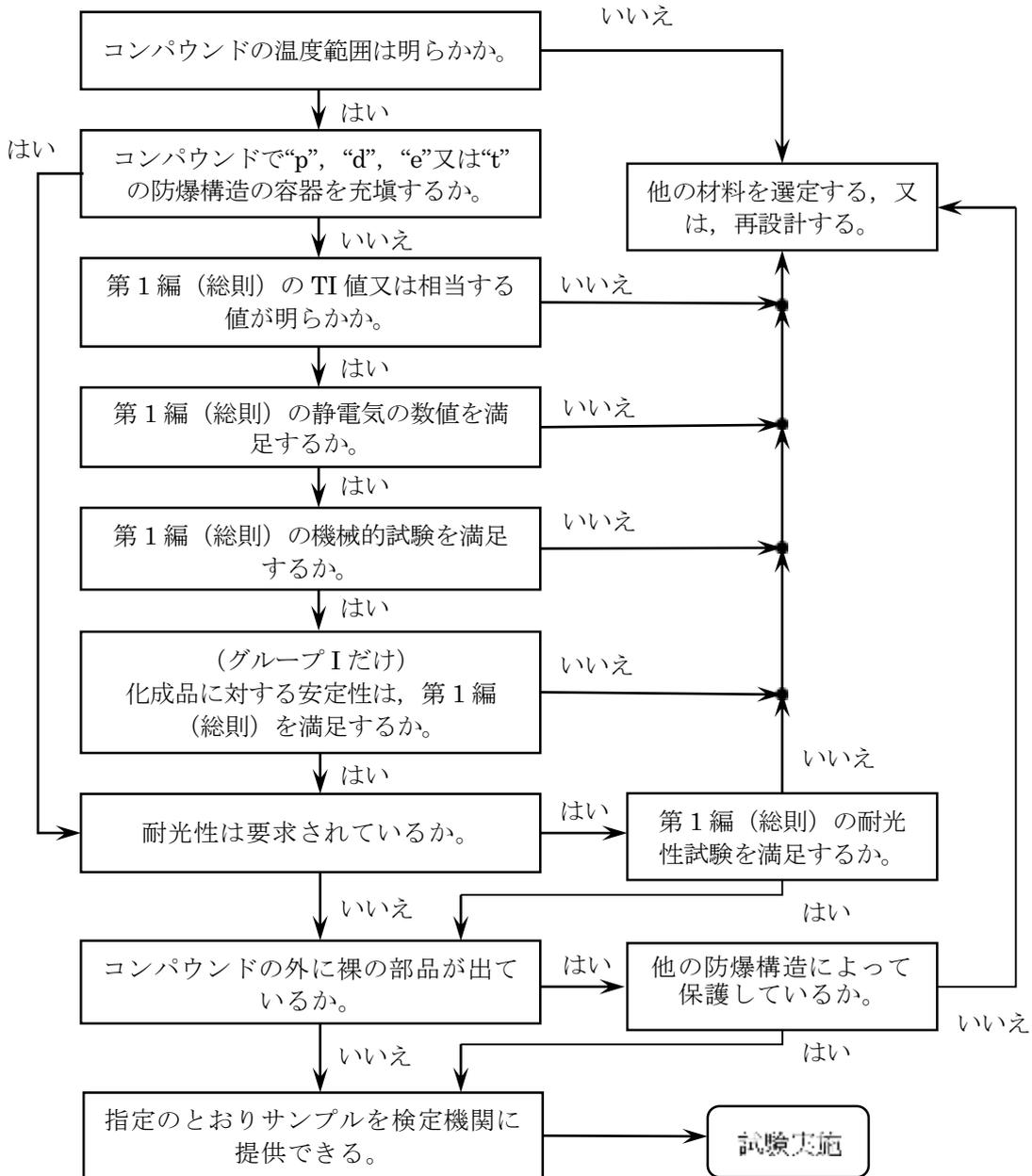


図 A.1 樹脂充填防爆機器のコンパウンドに対する基本的な要求事項

附属書 B

(参考)

試験用サンプルの割当て

表 B.1 は、試験用サンプルの割当てを示す。

注記 この附属書は、一般的な概要を示すものである。特定の機器に対する試験プログラムを作成するときは、該当する要求事項の詳細について、特別な注意が必要である。

表 B.1 試験用サンプルの割当て

標準試験		追加試験	
サンプル 1	サンプル 2	サンプル 3	サンプル 4
6.3 による温度限度の決定	—	—	—
—	—	8.2.5 によるケーブルの引留機能試験	コンパウンドへのケーブルの引込み口の使用时到達温度に基づく、8.2.3.1 による熱安定性試験
8.2.3.1 による高温熱安定性試験	8.2.3.1 による高温熱安定性試験	—	—
8.2.3.2 による低温熱安定性試験	8.2.3.2 による低温熱安定性試験	—	—
8.2.7 による復帰可能な熱的保護デバイスの試験	8.2.7 による復帰可能な熱的保護デバイスの試験	—	8.2.5 によるケーブルの引留機能試験
8.2.4 による耐電圧試験	8.2.4 による耐電圧試験	—	—
8.2.6 による圧力試験 (要求する場合)	8.2.6 による圧力試験 (要求する場合)	—	—
第 1 編 (総則) による機械的試験 (要求する場合)	第 1 編 (総則) による機械的試験 (要求する場合)	—	—
試験は、サンプルごとの縦の列に表示する順序で行う。			

附属書 C

(規定)

回路と環境との間の耐電圧試験

C.1 一般事項

8.2.4.1 c) には、回路（例えば、外部配線接続部）と機器の非金属表面（非金属製容器又はコンパウンドの表面）との間の耐電圧試験が記述されている。

9.2 に従うルーチン試験として実施することが現実的ではないほど機器のバッチが大きい場合、この試験は、C.2 に従うバッチ試験として実施してもよい。ただし、次の場合に限る。

- a) 容器の材料又はコンパウンドの材料データシートに、8.2.4.1 で指定する試験電圧の 1.5 倍以上の絶縁破壊電圧（容器の材料又はコンパウンドの厚さを考慮して）が示されている。耐電圧を確保するためにコンパウンドと容器との材料の両方が必要とされる場合、コンパウンドと容器との合計距離に対し、より低い方の絶縁破壊電圧を適用する。
- b) 型式試験の耐電圧試験電圧が、8.2.4.1 に示す試験電圧の 1.5 倍である。
- c) 物理的試験配置が、8.2.4.1 c) の記述どおりである。
- d) 判定基準が、8.2.4.2 のとおりである。
- e) バッチ試験の要求事項が、製造者の文書に記載されている。

C.2 バッチ試験の手順

バッチ試験は、ISO 2859-1 のサンプリングデータを基に、次の基準に従って実施する。

- a) 製造バッチが 100 個までの場合、8 個のサンプルを、8.2.4.1 で要求する試験電圧の 1.5 倍で試験し、不合格がない。
- b) 製造バッチが 101 個から 1,000 個までの場合、32 個のサンプルを、8.2.4.1 で要求する試験電圧の 1.5 倍で試験し、不合格がない。
- c) 製造バッチが 1,001 個から 10,000 個までの場合、80 個のサンプルを、8.2.4.1 で要求する試験電圧の 1.5 倍で試験し、不合格がない。
- d) 製造バッチが 10,000 個を超える場合、小さなバッチに分割する。

不合格となった試験結果が一つでもある場合、そのバッチの残りの全てのサンプルは、8.2.4.1 で要求する試験電圧で、ルーチン試験（100 %試験）にかける。

文献

- IEC 60050-426, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 426: Equipment for explosive atmospheres*
- IEC 60079-1, *Explosive atmospheres – Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures “d”*
- IEC 60079-2, *Explosive atmospheres – Part 2: Equipment protection by pressurized enclosures “p”*
- IEC 60079-5, *Explosive atmospheres – Part 5: Equipment protection by powder filling “q”*
- IEC 60079-6, *Explosive atmospheres – Part 6: Equipment protection by oil immersion “o”*
- IEC 60079-10-1, *Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres*
- IEC 60079-10-2, *Explosive atmospheres – Part 10-2: Classification of areas – Combustible dust atmospheres*
- IEC 60079-14, *Explosive atmospheres – Part 14: Electrical installations design, selection and erection*
- IEC 60079-28, *Explosive atmospheres – Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation*
- IEC 60086-1, *Primary batteries – Part 1: General*
- IEC 60622, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells*
- IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*
- IEC 60747-5-5, *Semiconductor devices – Discrete devices – Part 5-5: Optoelectronic devices – Photocouplers*
- IEC 61951-1, *Secondary cells and batteries containing alkaline and other non-acid electrolytes – Portable sealed rechargeable single cells – Part 1: Nickel-cadmium*
- IEC 61951-2, *Secondary cells and batteries containing alkaline and other non-acid electrolytes – Portable sealed rechargeable single cells – Part 2: Nickel-metal hydride*
- ISO 13849-1, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*
-

労働安全衛生総合研究所技術指針 JNIOSH-TR-46-7 : 2018

発行日 平成30年3月30日 第1刷
著者 (独)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
発行者 (独)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
〒204-0024 東京都清瀬市梅園1-4-6
電話 042-491-4512

印刷所 野崎印刷紙器株式会社 (不許複製)

JNIOOSH-TR-46-7:2018

Recommended Practices for Explosion-Protected Electrical Installations in General Industries

Part 7: Equipment protection by encapsulation “m”