

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

JNIO SH-TR-46-7:2015

工場電気設備防爆指針 (国際整合技術指針 2015)

第7編 樹脂充填防爆構造 “m” (改訂版)

(対応国際規格 IEC 60079-18:2009)

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 18: Equipment protection by encapsulation “m”



工場電気設備防爆指針（国際整合技術指針）改正委員会

本委員会

（平成25年8月15日～平成26年9月30日）

委員長	富田 隆	元 株式会社日立産機システム
副委員長	角谷 憲雄	アズビル株式会社
委員	榎本 兵治	東北大学
〃	谷部 貴之	一般社団法人 日本電機工業会
〃	深井 亘	株式会社東芝社会インフラシステム社
〃	上野 泰史	IDEC 株式会社
〃	磯村 豊治	伊東電機株式会社
〃	岡野 哲也	一般社団法人日本電気協会
〃	今井 治郎	一般財団法人日本海事協会
〃	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
〃	竹内 和之	新コスモス電機株式会社
〃	永石 治喜	公益社団法人産業安全技術協会
オブザーバー	小金 実成	公益社団法人産業安全技術協会
〃	後藤 隆	公益社団法人産業安全技術協会
行政参加者	中島 賢一	厚生労働省労働基準局
〃	宇野 浩一	厚生労働省労働基準局
事務局	山隈 瑞樹	独立行政法人労働安全衛生総合研究所
〃	榎本 克哉	公益社団法人産業安全技術協会
〃	山本 優子	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，第8編担当）

（平成25年8月15日～平成26年3月31日）

主査	堀尾 康明	横河電機株式会社
幹事	小金 実成	公益社団法人産業安全技術協会
委員	仲谷 行雄	新コスモス電機株式会社
〃	得本 明宏	川崎重工業株式会社
〃	佐藤 英徳	公益社団法人産業安全技術協会

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	7-4
4.1 保護レベル（機器保護レベル（EPL））	7-4
4.2 保護レベル“ma”に対する追加の要求事項	7-4
4.3 定格電圧及び規約短絡電流	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 仕様書	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 温度限度	7-6
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	7-8
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	7-15
7.9 保護装置	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	7-22
9.1 目視検査	7-22
9.2 耐電圧試験	7-22
10 表示	7-23
附属書 A（参考）樹脂充填機器のコンパウンドに対する基本的な要求事項	7-24

附属書 B (参考) 点火危険源の評価の例	7-25
文献	7-26

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、電気機器の部品及び 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、電気機器部品及び Ex コンポーネント（以下、樹脂充填機器という。）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、この編の要求事項を優先する。

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 61241-11, *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 11: Protection by intrinsic safety ‘iD’*

IEC 61558-2-6, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2: Particular requirements for safety isolating transformers for general use*

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*

ISO 62, *Plastics – Determination of water absorption*

ANSI/UL 248-1, *Standard for low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

ANSI/UL 746B, *Standard for polymeric materials – Long term property evaluations*

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 爆発性雰囲気には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”)

運転中又は設置された状態で粉じん層又は爆発性雰囲気には点火させることがないように、火花を発生する又は発熱によって爆発性雰囲気を点火させることができる部分をコンパウンドの中に封入した防爆構造。

3.2 コンパウンド (compounds)

充填剤及び/又は添加物の有無にかかわらず、固体状の全ての熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、エポキシ樹脂又はエラストマー材料。

3.3 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。

3.4 コンパウンドの連続運転温度 (COT) (continuous operating temperature (COT) of the compound)

製造者が指定する詳細仕様に従い、コンパウンドの特性が、機器の予見される寿命内での使用中は常にこの編の要求事項を満足する温度範囲。

3.5 樹脂充填 (encapsulation)

適切な手段によってコンパウンドで電気部品を包み込むプロセス。

3.6 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。

3.7 通常運転 (normal operation)

電氣的及び機械的にその設計仕様に合致し、かつ、製造者が指定する限度内で行う機器の運転

注記 1 製造者が指定する限度には、例えば、一定のデューティ比で電動機を運転するような恒常的な運転条件を含むことがある。

注記 2 指定された限度内及び他の運転上の許容誤差内での電源仕様の変動は、通常運転の一部である。

3.8 ボイド (void)

樹脂充填の結果、偶発的にできた気泡。

3.9 自由空間 (free space)

コンポーネントの周囲又はコンポーネントの内部に意図的に作られた空間。

3.10 スイッチ接点 (switching contact)

電気回路を開閉する機械的接点。

3.11 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。

3.12 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。

3.13 故障を生じない分離又は絶縁 (infallible separation or insulation)

導電性の各部分間の分離又は絶縁であって、この編に規定する短絡は生じないとみなされるもの。このような故障モードが使用中又は保管中に発生する確率は考慮する必要がないほどに低い。

3.14 数えられない故障 (non-countable fault)

この編の構造上の要求事項を満たさない電気機器の各部分に発生する故障。

3.15 固体絶縁材 (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材は固体絶縁材とみなしてよい。ワニス及び同様のコーティングは固体絶縁材とみなすことはできない。

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、保護レベル“m”の全レベル (全ての EPL) に適用する。

4.2 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。

いかなる特定の故障においても、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って、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。

温度上昇によって、内部のコンポーネントの故障が、樹脂充填防爆構造“m”の故障につながる可能性がある場合、代わりに 7.9 の要求事項を適用する。

4.3 定格電圧及び規約短絡電流

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、定格電圧及び規約短絡電流を規定する。

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を記載する。少なくとも、樹脂充填防爆構造“m”が依存するコンパウンドの特性を記載する。

注記 コンパウンドの選定においては、運転中及び許容される故障時におけるコンポーネントの膨張の余地を考慮することが望ましい。

5.2 仕様書

コンパウンドの仕様書には、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、及び関連する場合、充填剤及び他の添加剤の割合、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) 該当する場合、8.2.2 に従って決定した機器の最高温度での IEC 60243-1 による耐電圧性能。該当しない場合、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（連続運転温度）
- 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-機械的衝撃）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

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

機器が湿気にさら（曝）される場合、8.1.1 に従って、コンパウンドについて試験する。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、機器に記号 X を表示し、乾燥した環境に限定して使用することを取扱説明書に記載する。

5.3.2 耐電圧性能

5.2 e) に示すように、8.2.2 に定める機器の最高温度での IEC 60243-1 による耐電圧性能を適用できないときは、8.1.2 に従って試験を行う。

6 温度

6.1 一般事項

通常運転中、コンパウンドの連続運転温度の最高値を超えてはならない。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）に基づき決定する最高表面温度を超えてはならない。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、樹脂充填機器を保護する。

注記 通常運転には、他に指定がなければ、通常、電源の定格電圧の 90 %～110 %の範囲内での運転が含まれる。

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、4.3 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。この温度は、爆発性ガス雰囲気に対する温度等級、又は機器の爆発性粉じん雰囲気に対する最高表面温度（℃）を決定するために用いる。

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、

通常運転における 8.2.2 の試験方法を用いて決定する。

代替法として、最も高温となるコンポーネントを、コンポーネントを樹脂充填する前に、計算、製造者の仕様、又は実地試験によって決定してもよい。

6.3 温度限度

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 による不適切な入力電圧又は不適切な負荷によって）、これらを考慮して温度限度を決定する。

安全上の理由から、温度を制限するために保護装置を必要とするときは、その装置は、7.9 に定める内部又は外部に取り付ける電氣的又は熱的な装置とする。

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。

この編の要求事項を満たすために、更に追加の保護措置（例えば、特定の使用条件を示すために、追加の機械的保護を使用者が講じること）を要求する場合、第 1 編に規定する特定の使用条件についての表示の要求事項に従って、機器に表示する。

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、プリント基板、接続端子など）のようにコンパウンドに完全に埋め込まれていないコンパウンドと容器の一部との境界面など）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。

注記 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。一般的には、コンパウンドを 1 回試験するだけでは樹脂充填防爆構造“m”についての広範な使用には不十分である。

7.2 故障の決定

7.2.1 故障検査

樹脂充填防爆構造“m”は、定格の 90 %～110 %の範囲において、最も厳しい入力定格及び最も厳しい出力負荷状態にあり、かつ、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）があるときでも、防爆性能を維持しなければならない。

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故障がある。

7.2.2 の要求事項を満たすコンポーネントは故障するとはみなさず、かつ、故障を生じない離隔距離にあるときは、7.2.4 に従うときだけ故障するとみなす。

コンポーネントの故障が、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をこの編の要求事項に従って樹脂充填し、使用時到達温度に対して適切であり、かつ、それぞれのコンポーネントの製造者が指定する定格電圧、定格電流又は定格電力の 2/3 以下で使用する場合、それらは故障を生じないコンポーネントとみなす。

- － 第 6 編（本質安全防爆構造）の電流制限抵抗器の規定に適合する固定抵抗器
- － 単層のスパイラル巻きのコイル
- － プラスチックはく（箔）コンデンサ
- － 紙コンデンサ
- － セラミックコンデンサ
- － 第 6 編のシャント安全集成体の規定に従って使用するシャント半導体
- － 電流を制限するために使用する直列の半導体部品：
 - － 保護レベル“mb”については、1 個で十分である。
 - － 保護レベル“ma”については、2 個用いる。

保護レベル“ma”及び“mb”の、第 5 編（安全増防爆構造）に適合する巻線、電動機巻線及び変圧器（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、次のコンポーネントは、絶縁されているとみなし、分離が行われているときに故障は生じないとみなす。

- ・ フォトカプラ及びリレー。ただし、定格耐電圧が $2U + 1,000 V_{\text{rms},0\%}^{+5\%}$ 又は $1,500 V_{\text{rms}}$ 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）。
- ・ IEC 61558-2-6 又は第 6 編に適合する変圧器

7.2.4 故障を生じない離隔距離

次のいずれかの裸充電部間の距離が、7.2.4.1 の要求事項に、及び、該当するときは 7.2.4.2 の要求事項に適合する場合、絶縁破壊に関して、7.2.1 に記載する故障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（使用電圧の総和は、表 1 の電圧とする。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。）

7.2.4.1 充填物離隔距離

樹脂充填を行う前に、充填物内の離隔距離を機械的に固定又は確保しているのであれば、充填物離隔距離が表 1 の値に適合する場合、その充填物離隔距離は、保護レベル“ma”及び“mb”について、故障短絡を生じないとみなす。

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) (注) 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

注 表中の電圧は、IEC 60664-1 に基づく。全ての電圧について、実際の電圧は表中の値の110%まで許容する。これは、IEC 60664-1 の表 F-3b の供給電圧値の正当化の理由に基づく。

7.2.4.2 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 の耐電圧試験に適合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 の樹脂充填機器

コンパウンドには、ボイドがあってはならない。

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			
注 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。			

7.3.2 グループⅠ及びグループⅡの樹脂充填機器

コンパウンドには、ボイドがあってはならない。

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 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による圧力試験)	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による圧力試験)	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による圧力試験)	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による圧力試験)
	非金属又は金属容器(接着あり)	1 mm (容器+コンパウンド)	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による圧力試験)
	非金属又は金属容器(接着なし)	1 mm	3 mm	3 mm (8.2.6による圧力試験)
“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				
注 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。				

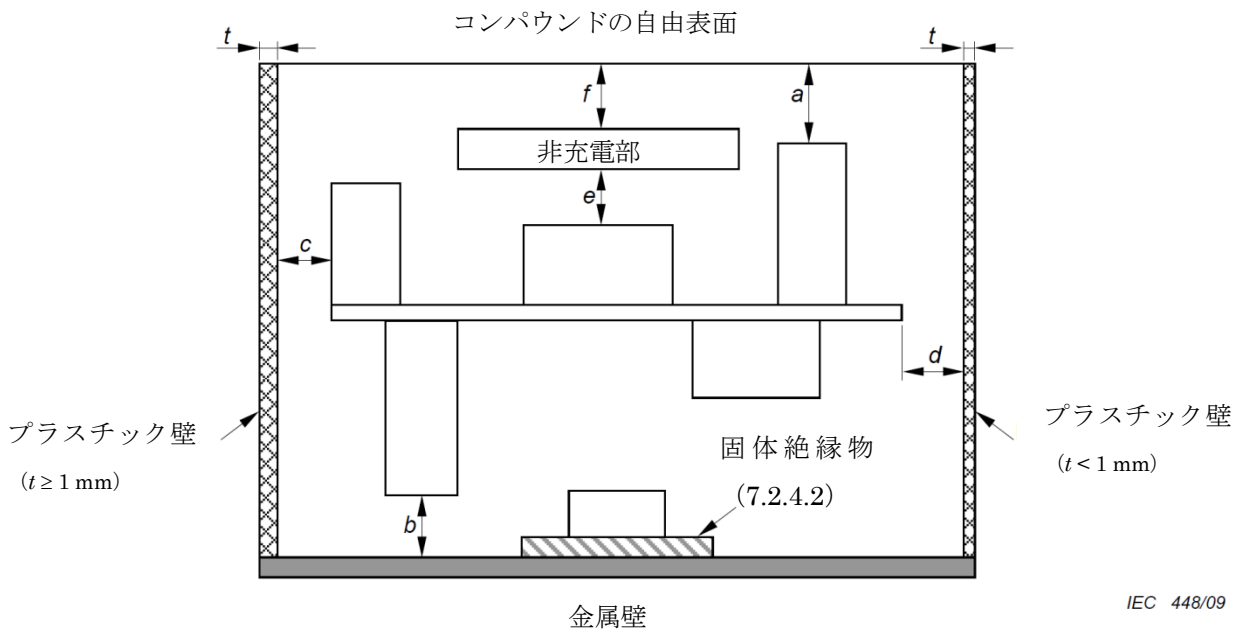
7.4 コンパウンドの厚さ

7.4.1 樹脂充填機器“m”

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7.2.4.2による固体絶縁物を使用する場合、コンパウンドは、その金属壁に接着する。

注記 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の全てをもつ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。



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 以上のプラスチック製容器までの距離
- d* 容器壁厚 (t) が 1 mm 未満のプラスチック製容器までの距離
- 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

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。

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 に従った距離。ただし、1 mm 以上
自由表面 $> 2 \text{ cm}^2$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq$ 表 1 に従った距離。ただし、3 mm 以上
プラスチック製容器 (接着あり) (容器壁厚さ $t < 1 \text{ mm}$)	$d \geq 3 \text{ mm}$	$d \geq$ 表 1 に従った距離。ただし、1 mm 以上
プラスチック製容器 (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 に従った距離 $-t$) ^a
プラスチック製容器 (接着なし)	$c = d \geq 3 \text{ mm}$	$c = d \geq$ 表 1 に従った距離。ただし、1 mm 以上
金属容器	$b \geq 3 \text{ mm}$	$b \geq$ 表 1 に従った距離。ただし、1 mm 以上
非充電部	$e \geq 3 \text{ mm}$	$e \geq$ 表 1 に従った距離。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 以上のプラスチック製容器の場合、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。

- a) 保護レベル“ma”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。
- b) 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 $U = 2U + 1,000 \text{ V}_{\text{rms},0\%}^{+5\%}$ 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。

指針活用上の留意点

対応国際規格 (IEC 60079-18:2009) 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 の要求事項（性能レベル C）に適合する多層プリント基板で、500 V 以下の電圧で運転するものは、7.4.3.2 を満たすときは樹脂充填しているとみなす。

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、7.2.4.2 の要求事項に適合しなければならない。

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, 7.2.4.2 参照	0.1 mm, 7.2.4.2 参照	0.1 mm, 7.2.4.2 参照
<i>e</i>	表 1 を適用	表 1 を適用	表 1 を適用

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

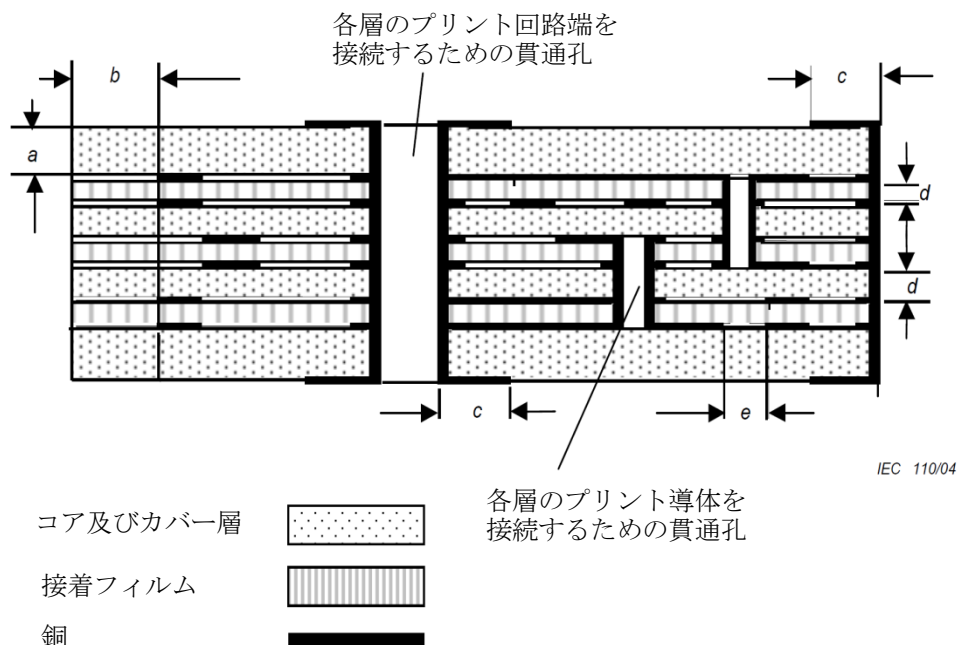


図 2 多層プリント基板の最小距離

7.5 開閉接点

注記 コンパウンドは、樹脂充填の工程において、スイッチ接点の容器の中に入らないことが望ましい。

7.5.1 保護レベル“ma”

開閉接点は、樹脂充填を行う前に、非点火爆構造で規定するハーメチックシールドデバイスの要求事項に従って、追加の容器に入れる。

注記 追加の容器は、充填時に生じる全ての応力、及び当該機器の寿命がある間に加わると予測する全ての応力に耐えるものであることが望ましい。

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。

7.5.2 保護レベル“mb”

開閉接点は、樹脂充填に先立ち、追加の容器に入れる。この追加の容器は、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。

7.5.3 保護レベル“mc”

スイッチ接点は、樹脂充填に先立ち、追加の容器に入れる。この追加の容器は、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

ケーブルを含め、コンパウンドへ入る全ての電気導体の引込み部については、通常運転条件及び 7.2 に規定する故障条件で、樹脂充填機器への爆発性雰囲気への侵入を防止できる方法で設計する。

注記 これは、コンパウンド中の裸導体の経路の長さを 5 mm 以上とすることによって達成できる。

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を行う。

7.6.2 保護レベル“ma”の樹脂充填機器に対する追加の要求事項

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。

- EPL Ma については、保護レベル“ia”
- EPL Ga については、IEC 規格 60079-26 に規定する“Ga”の要求事項
- EPL Da については、第 9 編（容器による粉じん防爆構造）“t”に規定する“Da”の要求事項又は IEC 61241-11 の保護レベル“iaD”

注記 IEC 61241-11 は、「区分」として“iaD”及び“ibD”を規定しており、“ia”及び“ib”を保護レベルとして識別する第 6 編（本質安全防爆構造“i”）の箇条 5 を参照している。樹脂充填防爆構造“m”の目的からすると、用語の「区分」と「保護レベル」とは同意語とみなすのがよい。

指針活用上の留意点

IEC 61241-11 は廃止され、IEC 60079-11:2011 に統合された。

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(総則)に従って、防爆構造の組合せ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、使用温度の全範囲、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に従う制御装置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、その制御装置は、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) 制御弁付き密閉形セルは、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、制御装置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に従って、制御装置を備える。

7.8.3 セルが許容できない温度及び損傷に対する保護

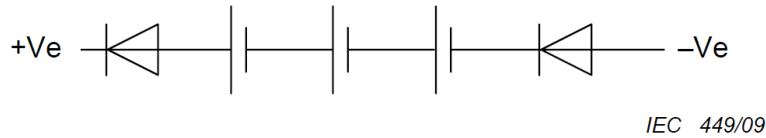
セル又はバッテリーは、最悪条件の負荷において、a) 又はb) のいずれかに適合しなければならない。

- a) 通常運転中、セルの表面温度は、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、機器の最高周囲温度において80°Cを超えず、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ない。
- b) セル又はバッテリーは、コンパウンド内での容認できない過熱又はガスの放出を防止するため、7.8.5又は7.8.8に定める制御装置を一つ以上備える。

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、一つのプロッキングダイオード、また、保護レベル“ma”では、二つのプ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い。このとき、プ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。



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

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、又は保護装置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。負荷も保護装置も指定しない場合、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 又は同等の規格による抵抗器、電流制限装置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。

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とき、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、制御装置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 セルを直列に多く接続しすぎると、個々のセル電圧及び過放電保護回路の許容差のため、保護が安全に行われなくなることがある。一般的には、一つの過放電保護回路で、直列接続のセル 6 個までの保護とするのがよい。

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装置を備える。

7.8.7.2 保護レベル“mc”

充電システムは、通常運転において、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、充電電

圧及び充電電流が超えてはならない。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又は、又は電気機器から取り外しできるセル又はバッテリーを、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装置の要求事項

要求する場合、制御装置は、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）を満足するとしてよい。

7.9 保護装置

7.9.1 一般事項

樹脂充填機器が、コンパウンドの連続運転温度（COT）、爆発性ガス雰囲気の温度等級、又は爆発性粉じん雰囲気の最高表面温度を超えないが、保護レベル“mb”では一つの故障、また、保護レベル“ma”では二つの故障に耐えることができない場合、保護装置を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”の保護装置は、復帰不能（non resettable）とする。保護レベル“mb”の熱的保護装置は、復帰可能（resettable）なものでよい。

注記 1 保護レベル“mc”では、通常状態で運転する機器は、コンパウンドのCOT、爆発性ガス雰囲気の温度等級、又は爆発性粉じん雰囲気の最高表面温度を超えないことが望ましい。

保護装置は、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。保護装置の定格電圧は、これを設置する回路の動作電圧に一致させる。

樹脂充填機器がセル又はバッテリーを内蔵し、過熱（7.8.5 参照）を防ぐために制御装置を備えているときは、その制御装置は、同じコンパウンド内の他の全てのコンポーネントを、COT、爆発性ガス雰囲気、又は爆発性粉じん雰囲気の最高表面温度を超えないように保護するのであれば、保護装置とみなすことができる。

注記 2 保護装置は、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、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。復帰可能な装置を使用する場合、望ましい復帰手順を使用者への取扱説明書に記載するのがよい。その取扱説明書においては、装置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ことが望ましい。

注記 3 自己復帰及び手動復帰装置とともに、この編においては、復帰可能な装置とみなす。

保護レベル“ma”において、復帰不能な保護装置が IEC 60127 シリーズ、IEC 60691、又は ANSI/UL248-1 に適合する場合、その装置は一つだけでよい。

7.9.2 電氣的保護装置

7.9.2.1 一般事項

ヒューズは、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たなければならない。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、コンパウンド

の COT、及び爆発性ガス雰囲気の温度等級又は爆発性粉じん雰囲気の最高表面温度が、規定値を確実に超えないものとする。

電氣的保護装置において、保護レベル“ma”では二つの、保護レベル“mb”では一つの装置を要求する。保護レベル“mc”には、電氣的保護装置は要求しない。

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

7.9.2.2 樹脂充填機器に接続する保護装置

保護装置が樹脂充填機器の外部にある場合、その保護装置は、7.9.2 に従って、樹脂充填機器の安全のために必要な機器であるとみなす。使用に関するこの特定の条件は認証書に記載し、第 1 編（総則）の使用に関する特定の条件に従って機器に表示する。

外部保護装置を使用し、それを樹脂充填機器に接続する場合、その装置は、該当する“ma”、“mb”又は“mc”に相当する適切な防爆構造とする。

注記 そのような（保護）装置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。外部保護装置を、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、外部保護装置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ことが望ましい。電圧、電流及び電力の許容値は、樹脂充填機器の熱的特性によって決定するのがよい。

7.9.3 熱的保護装置

熱的保護装置は、局所的な加熱、例えば、故障した部品による局所的な加熱又は最高表面温度（爆発性ガス雰囲気温度等級又は爆発性粉じん雰囲気最高表面温度）の超過による局所的な加熱によって起こる損傷から、コンパウンドを保護するために使用する。

復帰不能な装置は、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装置との間で、熱的に十分な結合をする。熱的保護装置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。

注記 機能上の理由から復帰可能な装置を追加して使用してもよい。ただし、その場合、熱的保護装置の運転温度未満の温度で運転することが望ましい。

復帰可能な熱的保護装置を使用する場合、保護レベル“mb”では二つの直列接続した保護装置を要求し、保護レベル“mc”では一つの保護装置を要求する。

開閉接点をもつ復帰可能な熱的保護装置は、その装置の製造者が指定する定格電流及び定格電圧の 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装置は、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装置は、IEC 60738-1 に適合させる、又は 8.2.7.2 に従って試験する。

7.9.4 組込み保護装置

樹脂充填機器“m”と一体化した保護装置は、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装置の適合性は、次のいずれかによって確認する。

- a) 保護装置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装置は、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

この試験は、湿気のある環境での使用を意図する樹脂充填機器“m”に用いるコンパウンドのサンプルだけについて行う。

乾燥した3個のコンパウンドのサンプル (ISO 62 参照) について試験する。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 °C～25 °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、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。

注記 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、3.3 で定義する最高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 48Hz～62Hz 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機器については、4.3 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。

外部負荷がある樹脂充填機器においては、保護レベル“ma”及び“mb”については、保護装置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。

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安全性を達成するためには、試験、シミュレーション及び分析が必要となる場合がある。

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、次のいずれか高い方とする。

- a) 故障状態を考慮したサンプルの最高表面温度（8.2.2 参照）
- 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編に従って行う。

使用温度は、通常運転下でのサンプルの最高表面温度（6.2.1 参照）に 20 K 以上を加算したものとす

8.2.3.2 低温熱安定性試験

試験は、第1編に従って行う。

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。樹脂充填防爆構造を損なうようなコンパウンドへの目に見える損傷、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装置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。

電圧 U が、ピーク値で 90 V 以下の機器の場合、試験電圧は、48Hz～62Hz で $500 V_{\text{rms}0\%}^{+5\%}$ とする。

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 48Hz～62Hz で $2U+1,000 V_{\text{rms}0\%}^{+5\%}$ （ただし、 $1,500 V_{\text{rms}}$ 以上）とする。代替法として、試験電圧を直流 $2U+1,400 V$ （ただし、直流 $2,100 V$ 以上）としてもよい。

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、部分的な放電試験を考慮することが

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必要になることがある。

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適合と判定する。

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±2) °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。

この試験は、Ex コンポーネントについては行わない。

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。防爆構造に影響を及ぼすケーブルに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、樹脂充填した部品の露出、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。

表 6 試験圧力

最低周囲温度 °C	試験圧力 kPa
≥ -20 (注参照)	1,000
≥ -30	1,370
≥ -40	1,450
≥ -50	1,530
≥ -60	1,620

注 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、樹脂充填された部品の露出又は接着不良があってはならない。

8.2.7 復帰可能な熱的保護装置の試験

8.2.7.1 開閉接点をもつ復帰可能な熱的保護装置

8.2.7.1.1 試験手順

保護装置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。保護装置は、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、保護装置が正常に作動するときは、適合と判定する。

8.2.7.2 開閉接点をもたない復帰可能な熱的保護装置

8.2.7.2.1 試験手順

保護装置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。保護装置は、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、保護装置が正常に作動するときは、適合と判定する。

8.2.8 組込み保護装置の封止試験

初期温度（ 25 ± 2 ）°Cのサンプルを1分間、（ 65 ± 2 ）°Cの温水に25 mm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、この編の目的とする封止がされているとみなす。

9 ルーチン試験及び検証

9.1 目視検査

樹脂充填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。

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。

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

試験中、絶縁破壊又はアークが発生しなければ、試験に適合と判定する。

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。

装置が、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、この装置をガルバニック絶縁回路だけに用いることを意図し、かつ、この特定の使用条件があることを明示するために、第1編（総則）に従って、電気機器に記号Xを表示するときは、その装置

は、ルーチン試験の耐電圧試験にかける必要はない。

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、外部電源の規約短絡電流
- 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、外部電源の規約許容短絡電流
- e) 特定の機器の安全運転のために必要なその他の情報

附属書 A

(参考)

樹脂充填機器のコンパウンドに対する基本的な要求事項

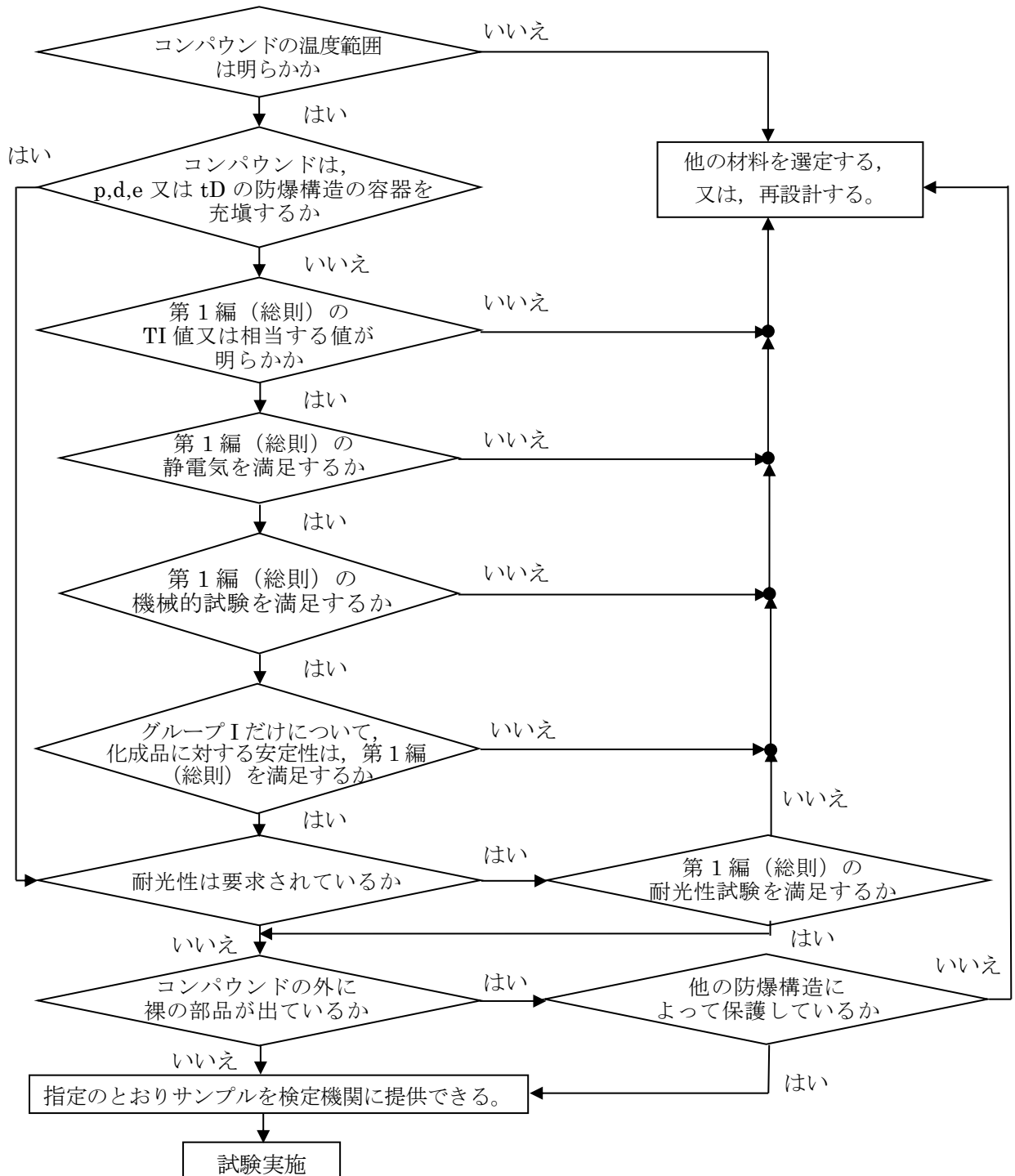


図 A.1 樹脂充填機器のコンパウンドに対する基本的な要求事項

附属書 B
(規定)
試験用サンプルの割当て

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き込み口の使用時到達温度に基づく、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装置の試験	8.2.7による復帰可能な熱的保護装置の試験	—	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 (必要な場合)	8.2.6による圧力試験 (必要な場合)	—	—
第1編(総則)による機械的試験(必要な場合)	第1編(総則)による機械的試験(必要な場合)	—	—
注 試験は、サンプルごとの縦の列に表示する順序で行う。			

文献

IEC 60050(426):2008, *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, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas*

IEC 60079-14, *Explosive atmospheres – Part 14: Electrical installations design, selection and erection*

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

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 61241-10, *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 10: Classification of areas where combustible dusts are or may be present*

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

IEC 61960-1, Secondary lithium cells and batteries for portable applications – Part 1: Secondary lithium cells

労働安全衛生総合研究所技術指針 JNIOSH-TR-46-7 : 2015 (改訂版)

発行日 平成30年10月16日
著者 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
発行者 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
〒204-0024 東京都清瀬市梅園1-4-6
電話 042-491-4512

(不許複製)

JNIOOSH-TR-46-7:2015

Recommended Practices for Explosion-Protected Electrical Installations in General Industries

Part 7: Equipment protection by encapsulation “m” (Revised version)