

# SEMI S3-1211 (Reapproved 1017)<sup>E</sup>

## SAFETY GUIDELINE FOR PROCESS LIQUID HEATING SYSTEMS

### プロセス用液体の加熱システムに関する安全ガイドライン

**NOTICE:** This translation is a REFERENCE COPY ONLY. If differences should exist between the English version and a translation in any other language, the English version is the official and authoritative version.

**免責事項：** この SEMI スタンダードは、投票により作成された英語版が正式なものであり、日本語版は日本の利用者各位の便宜のために作成したものです。万が一英語と日本語とに差異がある場合には英語版記載内容が優先されます。

SEMI スタンダード日本語翻訳版をご利用にあたっての注釈を本文の末尾に記載しております（「すべきである」「しなければならない」について等）。

本安全ガイドラインは、Environmental, Health & Safety Global Technical Committee で技術的に承認されている。現版は 2011 年 9 月 12 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2011 年 12 月に [www.semiviews.org](http://www.semiviews.org) および [www.semi.org](http://www.semi.org) で入手可能となる。初版は 1991 年発行、前版は 2006 年 3 月に発行された。

<sup>E</sup>本スタンダードは通常の再承認処理の外で承認された修正を行うために、編集上の修正が行われた。

注意： 「注」で始まるパラグラフは、本文書の公式な一部ではなく、また本文書の内容の変更や書き換えを意図したものではない。

注意：本文書への適合を宣言するには、「すべきである（should）」と記載された要件に適合する必要がある。適合を宣言するには、「してもよい、できる（may）」、「提案される（suggested）」、「好ましい（preferred）」、「推奨される（recommended）」と記載された要件、または注記や関連情報に適合する必要はない。

## 1 目的

1.1 本安全ガイドラインの目的は、半導体およびフラットパネルディスプレイの製造で用いられるプロセス用液体の温度を変更または維持するために用いられる加熱システムの設計および文書作成に関して、最低限の一般的な安全上の考慮事項を提供することである。

1.2 本安全ガイドラインでは、プロセス用液体の加熱システム（PLHS）に関して（SEMI S10 および SEMI S14 の規定による）Low 以下のレベルのリスクを実現するための複数の手段（表 1 参照）を提供する。ただし、用いる手段の選択は、本文書への適合を判断する基準ではない。

1.2.1 複数の一般的な PLHS の構成に関して、本安全ガイドラインでは、PLHS に組み込まれる安全機能の詳細を記述したリストを提供する。また、これらの安全機能に関する設計・性能基準も提供する。安全機能の詳細を記述したリストおよびこれらの安全機能に関する設計および性能基準の両方に適合する PLHS は、（SEMI S10 および SEMI S14 の規定による）Low 以下のレベルのリスクを実現するものと見なされ、その結果、本安全ガイドラインに適合する。

1.2.2 SEMI S10 および SEMI S14 を用い、本文書で検討される危険源を考慮して評価したとき、装置のリスクが Low 以下のレベルになるように選択・設計された安全機能を組み込んで PLHS を設計することにより、本安全ガイドラインへの適合が達成される場合がある。

注 1: 本安全ガイドラインへの適合を実証するための上記 2 番目の方法は、安全機能の詳細を記述したリストが提供されていない PLHS の構成、およびリストは提供されているが（SEMI S10 および SEMI S14 の規定による）Low 以下のレベルのリスクを実現するために別の手段が用いられている PLHS の構成によって、適合を実証するための方法を提供するものである。

**Table 1 本安全ガイドラインに適合するための手段**

|                                                                                                                                                                                                      | 表を利用した安全機能の選択<br>(Selection Of Safety Features By<br>Use Of Tables)                                                            | Low 以下のレベルのリスクを実現するための<br>別の安全機能の選択<br>(Selection Of Alternative Sets Of Safety<br>Features To Achieve Risk No Greater<br>Than Low) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 本文書の記述を利用した<br>安全機能の設計と働き<br>(Design And Function<br>Of Safety Features By Use<br>Of Descriptions<br>in This Document)                                                                               | §§ 8.2, 9.1 から 9.16, および付属書 2 を参照のこと。<br><br>(SEMI S10 および S14 の規定による)<br>Low 以下のレベルのリスクを実現するものと見なされ、これにより PLHS が適合していると判断される。 | §§ 8.3, 9.1, および 9.3 から 9.16 を参照のこと。<br><br>リスクを評価する必要がある、PLHS が本安全ガイドラインに適合しているかどうかは、¶ 1.2.2 の記載に従って判断しなければならない。                   |
| 本文書に記載されている<br>内容以外で、Low 以下の<br>レベルのリスクを実現す<br>ための安全機能の設計<br>と働き (Design And Function<br>Of Safety Features, Other<br>Than As Described in This<br>Document, To Achieve Risk<br>No Greater Than Low) | §§ 8.2, 9.2 および付属書 2 を参照のこと。<br><br>リスクを評価する必要がある、PLHS が本安全ガイドラインに適合しているかどうかは、¶ 1.2.2 の記載に従って判断しなければならない。                      | §§ 8.3 および 9.2 を参照のこと。<br><br>リスクを評価する必要がある、PLHS が本安全ガイドラインに適合しているかどうかは、¶ 1.2.2 の記載に従って判断しなければならない。                                 |

注 2: 本文書内の相互参照は、段落、図、および表の番号で示され、通常は括弧で囲んでいる。本文書を Adobe Acrobat または Acrobat Reader で見る場合、これらの番号をクリックするとそれぞれの段落、図、または表が表示される。

## 2 範囲

2.1 本文書の適用範囲は、プロセス用液体の温度を変更または維持するように設計された加熱システムに限定する。

注 3: 基板の温度を変更または維持することを目的とするオープン (Oven) や加熱基板支持部 (ホットプレートなど) などの装置は、熱をプロセス用液体に伝えるものであっても「PLHS」ではない。

2.1.1 純水用ヒーター (Deionized (DI) Water Heater) — 加熱された DI 水が § 5 で定義されている「プロセス用液体」として用いられる場合、DI 水ヒーターは本文書の適用範囲に含まれる。

2.1.2 熱伝達流体 (Heat Transfer Fluid (HTF)) — 加熱システムとプロセス用液体の間で熱を伝えるために流体が用いられる場合、その流体は本文書の適用範囲に含まれる。本文書では、HTF は液体に限定する。

2.2 SEMI S3 の適用範囲は PLHS であるが、サブシステムを PLHS に組み込んだ場合に PLHS が本ガイドラインに適合しなくなるかどうかを判断する目的で、本ガイドラインを用いてサブシステムを評価することができる。

**注意:** このスタンダードはその使用に関連したすべての安全問題を取り扱うことを意図していない。このスタンダードの使用者は、その責任において、適切な安全および健康上実施すべき事柄を確立し、また使用前に法規制やその他の制限への適用性を判断するものである。

## 3 制限

3.1 本文書は、PLHS の設計に関連する安全上の問題のすべてに対応しているわけではない。他の安全上の要件については、他の SEMI 安全ガイドラインを参照すること（たとえば、電気設計については SEMI S2、火災リスクの評価と低減については SEMI S14）。

注 4: 特定の種類の液体(引火性液体など)がある場合, NFPA 497 や ATEX 2014/34/EU,などの他のガイドラインやスタンダードの適用範囲に従って, PLHS の一部ではないコンポーネントやシステムに関して, 追加の安全上の措置(パージングなど)が必要となる場合がある。

3.2 本文書は, 地域の法令, 国家規格, 国際規格, または他の規制のいかなる規定にも取って代わるものではない。

3.3 既存の PLHS は, その設計時点で既に発効していた SEMI S2 および SEMI S3 の要件に引き続き適合すべきである。装置の EHS の側面に重大な影響を与えるような再設計を行ったプロセス用液体の加熱システムは, SEMI S3 の最新版に適合すべきである。本安全ガイドラインは, 遡及して適用されるものではない。

3.4 多くの場合, スタンダードへの参照が本ガイドラインに記載されている。これらの参照は, そのスタンダード全体への適用ではなく, 参照されているセクションまたはトピックのみへの適用を意味する。

3.5 ドライエッチングおよび堆積プロセス用の液体材料の加熱システムは, 本文書の適用範囲外である。

3.6 発熱化学反応を利用したプロセス用の液体の加熱システムは, 本文書の適用範囲外である。

3.7 自然発火温度 (AIT) から 50°C を引いた温度を上回る温度まで, または AIT から (§ 9.4.2.1 の例外で記載されている) 少ないマージンの範囲内で, 液体を加熱するために使用することを意図したシステムは, 本文書の適用範囲外である。ただし, こうした方法で用いることを目的とはしていないが, そのような温度まで液体を加熱するのに十分な能力があるシステムは, 本文書の適用範囲に含まれる。

3.8 プロセス用流体がガス状またはプラズマ状であり, それが基板と接触する場合は, 流体供給システムまたはプロセスチャンバの温度を制御する加熱システムは, 本文書の適用範囲に含まれない。

## 4 参照スタンダードおよび文書

### 4.1 SEMI スタンダードおよび安全ガイドライン

SEMI S2 — Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI S6 — EHS Guideline for Exhaust Ventilation of Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI S10 — Safety Guideline for Risk Assessment and Risk Evaluation Process

SEMI S14 — Safety Guidelines for Fire Risk Assessment and Mitigation for Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI S22 — Safety Guideline for the Electrical Design of Semiconductor Manufacturing Equipment

### 4.2 European Community Directive<sup>1</sup>

94/9/EC — Equipment Explosive Atmosphere (ATEX)

### 4.3 NFPA Standards<sup>2</sup>

NFPA 30 — Flammable and Combustible Liquids Code

NFPA 69 — Standard on Explosion Prevention Systems

NFPA 496 — Standard for Purged and Pressurized Enclosures for Electrical Equipment

NFPA 497 — Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas

<sup>1</sup> <http://europa.eu.int/smartapi/>

<sup>2</sup> National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02269, USA; Telephone: +1.617.770.3000, Fax: +1.617.770.0700, <http://www.nfpa.org>

#### 4.4 CEN/CENELEC Standards<sup>3</sup>

EN 1127-1 — Explosive Atmospheres – Explosion Prevention and Protection Part 1: Basic Concepts and Methodology

#### 4.5 UL Standards<sup>4</sup>

UL 943 — Standard for Ground-Fault Circuit-Interrupters

注意： 別途指示のない場合、引用されたすべての文書は最新の出版バージョンである。

### 5 用語

#### 5.1 略語および頭字語

5.1.1 AIT (*autoignition temperature*) — 自然発火温度

5.1.2 ATL (*accredited testing laboratory*) — 公認試験所

5.1.3 FDT (*flammable degradation temperature*) — 引火分解温度

5.1.4 FR (*flammable range*) — 引火範囲

5.1.5 GFCI (*ground fault circuit interrupter*) — 地絡回路遮断器

5.1.6 HDT (*hazardous degradation temperature*) — 危険分解温度

5.1.7 HTF (*heat transfer fluid*) — 熱伝達流体

5.1.8 LFL (*lower flammable limit*) — 引火下限 (引火範囲の定義も参照のこと。)

5.1.9 PLHS (*process liquid heating system*) — プロセス用液体の加熱システム

5.1.10 SME (*semiconductor manufacturing equipment*) — 半導体製造装置

5.1.11 UFL (*upper flammable limit*) — 引火上限 (引火範囲の定義も参照のこと。)

#### 5.2 定義

5.2.1 公認試験所 (*accredited testing laboratory (ATL)*) — コンポーネント、デバイス、システムのテストを実行する独立の専門機関。確立された安全スタンダードに基づいて評価を実行する法的能力を有しており、政府機関または規制機関によって承認されている。[SEMI S2, SEMI S14, SEMI S22]

5.2.2 自然発火温度 (*autoignition temperature (AIT)*) — 空気と接触した固体、または空気と混合した液体またはガス (蒸気を含む) が、より高温度になった表面に接触することなく、火花や炎などの明らかな点火源が存在しない状態で発火する温度。

5.2.3 沸点 (*boiling point*) — 液体の蒸気圧が 101.32 kPa (1 気圧, 14.7 psia) になる温度。

5.2.4 密閉容器 (*closed vessel*) — 通常、蒸気を含め、プロセス用液体の加熱、混合、または利用のために用いられ、意図しない加圧が起こり得る用途で用いられる密閉された容器。密閉容器の例としては、密閉されたプロセスチャンバや DI 水ヒーターがある。

5.2.5 可燃性液体 (*combustible liquid*) — 引火点が 37.8°C (100°F) 以上であり、燃焼する液体。

注 5: 本ガイドライン (SEMI S3) では、可燃性液体が (通常または単一故障の状態で) 引火点から 10°C 引いた温度を超えて加熱され得るシステムで使用される場合、引火性液体とみなしている。§ 4.1 を参照のこと。

<sup>3</sup> European Committee for Standardization, Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels; Telephone: +32.2.550.08.11, Fax: +32.2.550.08.19, <http://www.cen.eu>

<sup>4</sup> Underwriters Laboratory, 2600 N.W. Lake Road, Camas, WA 98607-8542, USA; Telephone: +1.877.854.3577, Fax: +1.360.817.6278, <http://www.ul.com>

5.2.6 外部ヒーター (*external heater*) — 容器の外側で利用され、容器の壁を通して容器の中身を加熱するヒーター。(外部ヒーターを用いた PLHS の例は、図 A1-8 および図 A1-10 を参照のこと。)

5.2.7 フェールセーフ (*fail-safe*) — 故障が起こってもリスクが増大しないように設計されていること。  
[SEMI S2]

注 6: たとえば、フェールセーフの温度制御デバイスは、故障すると制御外温度を示す。このときに安全インタロックによりヒーターへの電力供給が切断される。これによりプロセスは中断されるかもしれないが、故障に際して実際の温度にかかわらず制御リミット内の温度を示すデバイスよりも望ましい。

5.2.8 引火分解温度 (*flammable degradation temperature (FDT)*) — 液体が分解し、引火性副産物を生じる温度。

5.2.9 引火性液体 (*flammable liquid*) — 引火点が 37.8°C (100°F) より低い液体。[SEMI S2, SEMI S14]

5.2.10 引火範囲 (*flammable range (FR)*) — 空気中に分散した化学種の濃度で、点火源が供給された場合に火炎が伝播する範囲。この範囲は、引火下限 (LFL) から引火上限 (UFL) までである。

注 7: 以下に示す対になった用語は一般に区別なく用いられている。

- 「爆発下限 (LEL)」と「引火下限 (LFL)」
- 「爆発上限 (UEL)」と「引火上限 (UFL)」
- 「爆発範囲」と「引火範囲」

文献によっては、炎の伝播能力よりも具体的な基準 (一定の圧力上昇や炎の前面の速度など) が関連している濃度を示すために、「LEL」、「UEL」、または「爆発範囲」を使用している。本文書では「爆発範囲」という用語に付随するあいまいさを避けるために「引火範囲」という用語を用いる。

5.2.11 引火点 (*flash point*) — 液体が、その表面または使用されるテスト容器内に、空気との引火性混合物形成に十分な蒸気を発する最低の温度。[SEMI S2]

注 8: 引火点は、標準化された複数のテスト方法の 1 つを用いて標準大気温度で求められる。ただし、LFL に達する温度は圧力に依存する。

5.2.12 流体 (*fluid*) — 液体またはガス。[SEMI F78, SEMI F81]

5.2.13 ガス (*gas*) — 無限に膨張し、容器を完全に満たすことができる流動性の物質形態であり、液体でも固体でもない形態。[SEMI S4, SEMI F78, SEMI F81]

5.2.14 地絡回路遮断器 (*ground fault circuit interrupter (GFCI)*) — 接地への電流が 4~6 mA の範囲を超えた場合に、人間を保護するために、確立された時間内に回路やその一部を遮断するように機能するデバイス。

注 9: このデバイスの詳細は、UL 943 地絡回路遮断器スタンダードを含め、複数のスタンダードに記載されている。

5.2.15 危険分解温度 (*hazardous degradation temperature (HDT)*) — 液体が分解し、危険な (引火性、毒性、腐食性、酸化性など) 副産物を生じる温度。引火性の分解副産物がある液体については、HDT は FDT 以下である。しかし、FDT より低い温度で液体が分解して、引火性以外の危険な特性を持つ副産物を生じる場合、HDT は FDT より低い。

5.2.16 ヘッドスペース (*headspace*) — 容器中の液体より上部の容積。

5.2.17 熱伝達流体 (*heat transfer fluid (HTF)*) — 加熱源からプロセス用液体へ熱を伝達するための熱伝達システムで用いられる液体。

5.2.18 加熱領域 (*heated area*) — 熱伝達を目的とするヒーター表面の一部 (加熱領域の例については、図 A1-3, A1-7, A1-9, A1-12 を参照のこと)。

5.2.19 ヒーター (*heater*) — リキッドケミカルに熱エネルギーを伝達するために用いられる電気デバイス。ヒーターは、発熱体および恒久的に取り付けられた配線または他のコンポーネントから構成される。

5.2.20 発熱体 (*heating element*) — 電気エネルギーを熱エネルギーに変換する、ヒーター内の電気伝導性を持つコンポーネント。(発熱体の例については、図 A1-7, A1-8, A1-12 を参照のこと。)

5.2.21 不活性化 (*inerting*) — 引火範囲内にある空気中の引火性ガスまたは蒸気の混合物に対し、不活性化ガスを加えることによって発火しない状態にする方法。

注 10: 燃料濃度の低減または酸化剤濃度の低減によって、不活性化の効果が得られる場合がある。

5.2.22 インタロック (*interlock*) — 特定の機械構成要素の動作を特定の条件の下で防止または中断することを目的とした機械式、電気式、またはその他の形式のデバイスまたはシステム。[SEMI S2]

5.2.23 液体 (*liquid*) — 固体とは異なり、分子が互いに自由に動いて容易に流れるが、凝集力のためにガスのように無限に膨張することはない流動性の物質形態。

5.2.24 引火下限 (*lower flammable limit (LFL)*) — 火炎が伝播する空気中の引火性物質の最低濃度 (引火範囲の定義も参照のこと)。

5.2.25 (プラスチック材料の) 最高使用温度 (*maximum service temperature (for plastic materials)*) — プラスチック材料が意図された機能を果たすのに十分な強度を持つ最高温度 (最高使用温度を求めるための文書と方法は、¶ 3.3.2 に記載している。プラスチック材料の最高使用温度は、その用途と構造物にかかる荷重に依存する)。

5.2.26 不燃性液体 (*noncombustible liquid*) — 加熱しても引火性蒸気を生じず、空気中の濃度が火炎の伝播する濃度になる温度が存在しない、引火点を持たない液体 (MSDS に引火点の記載がない場合 (空白や「N/A」など)、その液体に引火点がないことを示しているわけではない)。

5.2.27 開放容器 (*open vessel*) — 通常、プロセス用液体の加熱、混合、または利用のために用いられ、蒸気空間と大気圧付近の領域がつながっているため、加圧が起こり得ない容器。開放容器の例としては、開口形浸漬槽や換気式保管容器がある。

5.2.28 プロセス用液体 (*process liquid*) — 半導体デバイスまたはフラットパネルデバイスの製造の一環として基板表面上の化学反応または物理的反応に関与する液状の物質。

5.2.29 プロセス用液体の加熱システム (*process liquid heating system (PLHS)*) — ヒーター、その電源および制御システム、リキッドケミカルを加熱する容器、該当する場合は熱伝達液体とそれに関連する配管で構成される加熱システム。

5.2.30 プロセス容器 (*process vessel*) — プロセス用液体と接触させることによって基板を処理する容器。

5.2.31 パージング (*purging*) — 容器からガス (蒸気を含む) を追い出すことにより、引火性ガス (蒸気を含む) の濃度を LFL の 25% 以下に低減するプロセス。

5.2.32 放射熱シールド (*radiant heat shield*) — 放射ヒーターによる放射加熱で液体過熱センサおよび他のコンポーネントが加熱されないようにすることを目的とする、放射エネルギーを通さないコンポーネント。たとえば、液体を通して放射された熱ではなく、液体によって伝達された熱によって液体過熱センサが作動するように、放射ヒーターと液体過熱センサの間に放射エネルギーシールドを設置することができる。

5.2.33 放射ヒーターシース (*radiant heater sheath*) — 放射熱を透過する材料から成るコンポーネントで、発熱体を含み、他のコンポーネントを含む場合もある。放射ヒーターシースは、それが浸漬されている液体から、発熱体とその他の中身を分離する (通常、このシースは石英で作られ、「石英シース」と呼ばれる)。

5.2.34 リモートヒーター (*remote heater*) — プロセス容器とは別の容器で、液体を加熱することを目的とする。

注 11: 熱交換システムでは、付属書 1 の図 A1-3 に示されたシステムではなく図 A1-4 に示されたシステムがリモートヒーターと考えられる。

5.2.35 半導体製造装置 (*semiconductor manufacturing equipment (SME)*) — 半導体製品の製造、測定、組立、テストを行うために用いられる装置。基板（シリコンウェーハ、レチクルなど）を処理する装置、その構成部品、およびその補助装置、支援装置、または周辺装置（薬品コントローラ、薬品供給システム、真空ポンプなど）などがある。また、SME には、上記装置専用の装備品である他の品目（構造物、配管、管路、排出物処理システム、バルブマニホールドボックス、ろ過、ヒーターなど）も含まれる。ただし、品目が設備の一部で、複数の SME に対応できる場合は、その品目は含まれない。

5.2.36 引火上限 (*upper flammable limit (UFL)*) — 火炎が伝播する空気中の引火性物質の最高濃度（引火範囲の定義も参照のこと）。

5.2.37 蒸気 (*vapor*) — 通常は液体と見なされる物質の気相。

5.2.38 容器 (*vessel*) — 上記のとおり定義されている「密閉容器」または「開放容器」。

### 5.3 記号 (*Symbols*)

5.3.1 § — 文書中の特定のセクションまたはサブセクションを識別するために用いられる記号。識別箇所としては、この記号の後に続く番号によって識別される番号付き段落またはヘッダ、下位のすべてのヘッダおよび段落、その中に記載された（中黒または番号が付された）例外およびリストなどがある。たとえば、§ 9.2 は 9.2, 9.2.1, 9.2.2, 9.2.3 および 9.2.4 の段落を示す。この記号を 2 つ用いて §§ となっている場合、複数の区分または小区分を示している。

5.3.2 ¶ — 文書中の特定の段落を識別するために用いられる記号。識別箇所としては、この記号の後に続く番号によって識別される番号付き段落、その中に記載された（中黒または番号が付された）例外およびリストなどがある。ただし、下位のヘッダや段落は含まれない。たとえば、¶ 9.2 は 9.2 の段落のみを示し、9.2.1, 9.2.2, 9.2.3 および 9.2.4 の段落は含まれない。この記号を 2 つ用いて ¶¶ となっている場合、複数の段落を示している。

## 6 液体加熱方法の分類

6.1 本セクションでは、特定形式のプロセス用液体の過熱システム（PLHS）を考慮する際に後のセクションで使用する分類を提供する。

### 6.2 PLHS の位置 (*Location of PLHS*)

6.2.1 PLHS は、プロセス容器内に組み込んでも、離れた場所に設置してもよい。

注 12: プロセス容器内に組み込んだ PLHS の例については付属書 1 の図 A1-3, A1-5, A1-6, A1-8, A1-11 を、離れた場所に設置した PLHS の例については付属書 1 の図 A1-4, A1-9, A1-10, A1-13 を参照すること。

### 6.3 熱エネルギー源 (*Source of Heat Energy*)

6.3.1 一般的に、熱エネルギーは別の液体または電流から得られる。

6.3.2 加熱液体熱交換システム (*Heated Liquid Heat Exchange System*) — これは、加熱容器から離れた場所に設置できるヒーターを用いた PLHS である。このヒーターは HTF を加熱し、HTF は熱交換器（すなわち、HTF とプロセス用液体の間で熱エネルギーの伝達を可能にするが、それらが直接接触するのを防ぐデバイス）を介してプロセス用液体を加熱する。このシステムの一般的な構成としては次の 3 つがある。

6.3.2.1 リモート熱交換システムでは、二重ループ系の対向流形熱交換器を用いることができる。

6.3.2.2 外部ヒーターはポンプおよび二重壁容器と組み合わせて用いることができ、熱伝達流体が外部ヒーターから内壁と外壁の間の空間までポンプで送られ、プロセス用液体への熱交換が容器の内壁を通して行われる。

6.3.2.3 3 番目の種類は、ヒーター付きの二重壁容器を用い、その容器の内壁と外壁の間の空間に HTF が配置される。

注 13: 熱交換器を用いた代表的な PLHS を付属書 1 の図 A1-3, A1-4, A1-5 に示している。加熱液体熱交換器の設計考慮事項を付属書 2 の表 A2-14, 表 A2-15, 表 A2-16, 表 A2-17, 表 A2-18, および表 A2-19 に記載している。

6.3.3 電気抵抗素子ヒーター (*Electrical Resistive Element Heaters*) — この種類のヒーターは、導体を通る電流に対する抵抗によって生じるエネルギーを使用して、液体を加熱する。

6.3.3.1 電気抵抗素子ヒーターの構成 (*Configuration of Electrical Resistive Element Heaters*)

6.3.3.1.1 発熱体とプロセス用液体の関係は、システム設計によって異なる。

6.3.3.1.2 熱伝導ヒーター (*Thermally Conductive Heaters*) — 熱伝導ヒーターは、加熱される液体との接触によってエネルギーを伝達する。これは、加熱される液体に直接浸漬される浸漬ヒーターでも、一般に容器の外側に装着される外部ヒーターでもよい。外部ヒーターは、発熱体から容器の壁を介して加熱される液体までの伝導を使用してエネルギーを伝達する。一般的な外部ヒーターは、薄型形状となるように薄い金属材料から作られる。

注 14: 浸漬ヒーターを用いた PLHS の例については付属書 1 の図 A1-3, A1-4, A1-5, A1-6, A1-9 (浸漬ヒーターの詳細については図 A1-7) を、外部ヒーターを用いた PLHS の例については付属書 1 の図 A1-8, A1-10 を参照すること。熱伝導ヒーターの設計考慮事項を付属書 2 の表 A2-20, 表 A2-21, および表 A2-22 に記載している。§ 8 も参照すること。

6.3.3.1.3 放射ヒーター (*Radiant Heaters*) — 放射ヒーター (赤外線ヒーターなど) は、不導体 (通常は空気や石英ガラス) で液体から隔てられている発光素子である。熱エネルギーを伝達するために液体とヒーターは直接接触する必要はない。赤外線ヒーターは、プロセス容器内の開口部に設置される場合がある。

注 15: 代表的な放射ヒーターの詳細図を付属書 1 の図 A1-12 に示している。PLHS における放射ヒーターの使用状態を図 A1-11, A1-13 に示している。放射ヒーターの設計考慮事項を付属書 2 の表 A2-23, 表 A2-24, および表 A2-25 に記載している。§ 8 も参照すること。

6.4 加熱プロセス用液体の流れに対する依存性 (*Dependence on Flow of the Heated Process Liquid*)

6.4.1 システムの要素と周辺部を所望の温度範囲内に保つための加熱プロセス用液体の流れに対する依存性は、システムによって異なる。周辺部には、容器とその支持材だけでなくプロセス用リキッドケミカルも含まれる。

6.4.1.1 流れに依存しないシステム (*Flow-Independent Systems*) — このシステムの熱伝達特性により、システムの安全な運用のためにプロセス用液体の自由対流は十分である。システムとその周辺の過熱を防ぐために流れや攪拌の手段は必要ない。

6.4.1.1.1 (フィルタ付き再循環槽など) システムによっては、過熱防止以外の目的で流れを使用する場合がある。本ガイドラインでは、これらのシステムは流れに依存しないシステムと見なされる。

6.4.1.2 流れに依存するシステム (*Flow-Dependent Systems*) — このシステムの熱伝達特性により、システムとその周辺部の過熱を防止するために強制対流 (加熱される液体の流れまたは攪拌) が必要である。

## 7 一般的な安全上の考慮事項

7.1 PLHS 内に用いる電気コンポーネント、デバイス、およびアセンブリの選択と組み込み (*Selection and Integration of Electrical Components, Devices and Assemblies Used in PLHS*)

7.1.1 PLHS 内の各電気コンポーネントまたはサブシステムで、公認試験所による認定を受けているものは、その用途が認定の範囲内かどうかを判断するために評価すべきである。用途が認定の範囲内である場合は、そのコンポーネントまたはサブシステムに関する追加の評価は必要ない。用途が認定の範囲外である場合は、そのコンポーネントまたはサブシステムが認定を受けていないものと見なして評価すべきである。

7.1.2 PLHS 内の安全回路または危険電圧回路で機能する各電気コンポーネントまたはサブシステムで、公認試験所による認定を受けていないものは、SEMI S2 の該当部分など、該当するスタンダードまたはガイドラインに従って評価すべきである。

7.2 PLHS では、通常の条件下において、PLHS の機械的な完全性または隣接する構成材料を損なう、合理的に予測可能な SME の単一箇所の故障、および合理的に予測可能な誤使用、温度、またはエネルギー伝達率が生じるべきではない。これに対する保護対策として、損傷を与える温度に達することがない PLHS を用いてもよいし、安全システムを用いてもよい。

注 16: 「合理的に予測可能な単一箇所の故障」には、他のコンポーネントまたはサブシステムの故障など、初期故障に起因する結果がすべて含まれる。ただし、2 つ以上の独立故障が起こる場合は含まれない。

7.3 構成材料 (Construction Materials) — PLHS において加熱される部分または化学物質に接触する可能性がある部分はすべて、適切な材料で構成すべきである。通常運転時、メンテナンス時、および合理的に予測可能な最悪の場合の単一故障条件の下で、各部の最高温度および化学曝露を考慮すべきである。化学曝露には、液体 (浸漬、流動、または噴霧など) およびその蒸気またはエアロゾルに対する曝露が含まれる。

7.3.1 合理的に予測可能な最悪の場合の温度および曝露条件において材料の特性を測定する試験は、適切な環境試験チャンバで行うことができる。つまり、PLHS 内で試験を行うことによって特性を測定する必要はない。

注 17: 材料選定上の考慮事項には、動作条件下におけるプロセス用液体に対する材料の適合性など、本文書の範囲外の要素が多く含まれる。

注 18: 容器の設計者は、材料のサプライヤから、単一箇所の故障条件下での最高温度における物理的強度特性および安全率を入手することが推奨される。さらに、その情報、予測荷重、および最終設計のための適切な安全率に基づいて容器の設計を行うことが推奨される。

### 7.3.2 プラスチック材料の最高使用温度 (Maximum Service Temperature for Plastic Materials)

7.3.2.1 プラスチックコンポーネントに関して温度/強度限界値が使用可能な場合、プラスチックコンポーネントの強度とコンポーネントの最大予測荷重が等しくなる温度が最高使用温度である。

7.3.2.2 これらの限界値が使用できない場合、装置の製造者は、最大予測荷重での工学計算またはシステム試験によってコンポーネントの最高使用温度を求めるべきである。

### 7.3.3 電気配線 (Electrical Wiring)

7.3.3.1 絶縁材は、曝露が予測される液体およびその蒸気に対して化学的に耐性を持つべきである。

7.3.3.2 配線材料 (単線、多芯ケーブルなど) は、予測される温度に耐える能力を持つものとして、ATL による認定を受けるべきである。化学的適合性または温度に関する問題のために、ATL によって認定された配線の使用が困難な場合、製造者の推奨に従って配線を用い、SEMI S22 に記載されている導体の絶縁耐力試験に基づいて試験すべきである。この絶縁耐力試験は、単一箇所の故障における最高予測温度で行うべきである。

注 19: SEMI S22 の 1103 版では、この試験は 16.2.7 に記載されている。

## 8 安全機能の選択

注 20: 安全機能の選択についての数例を関連情報 2 に記載している。

### 8.1 HTF およびプロセス用液体の分類 (Classification of HTF and Process Liquids)

8.1.1 図 1 のフローチャートを用い、各 HTF (PLHS 内で用いられる場合) および各プロセス用液体を引火性、可燃性、または不燃性として分類すべきである。

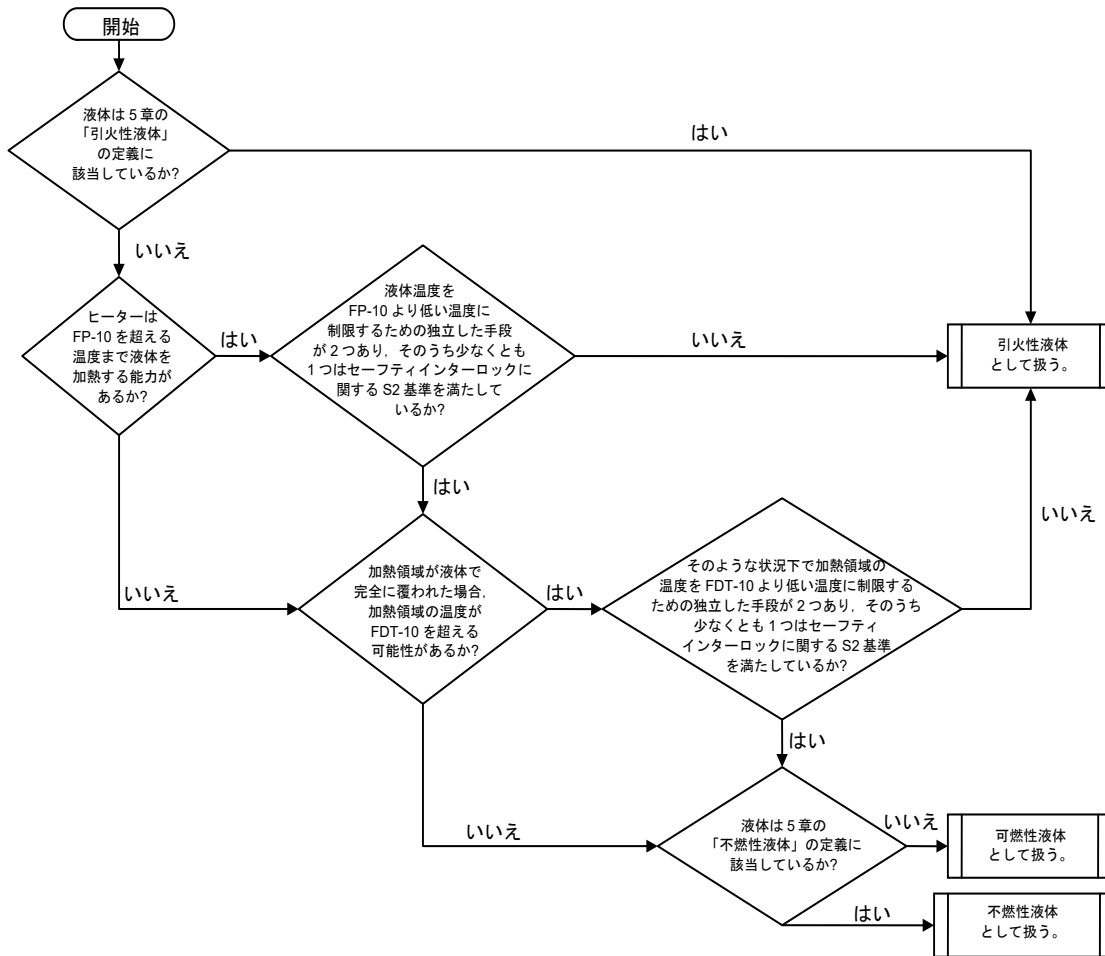
8.1.2 液体が混合物の状態で加熱される場合、その混合物の特性を用いて液体を分類すべきである。

8.1.2.1 混合物の特性が不明の場合は、試験によって求めるべきである。

8.1.2.2 試験を行う代わりに、分類およびインタロック設定値を決める目的で、混合物の成分の引火点のうちの最も低い引火点を、混合物の引火点として用いることができる。同様に、成分の自然発火温度および分解温度のうちの最も低い温度を用いてもよい。

8.1.3 液体が成分ごとに別々に加熱された後で混合される場合、混合物の各成分の特性を用いて、その成分の分類を決めるべきである。

8.1.4 (すでに設計または製造された PLHS に適切な安全機能が組み込まれているかどうかを評価するためではなく) PLHS に組み込む安全機能を選択するために本安全ガイドラインを用いる場合、設計者は HTF またはプロセス用液体の引火点、引火分解温度、および自然発火温度に対応した温度限界値を順守することが装置の使用目的に合っているかどうかを判断すべきである。これらの温度限界値を順守することが使用目的に合っている場合、これらの温度限界値を順守できるように安全機能を選択すべきである。(たとえば、可燃性液体を引火点から 10°C 引いた温度以下まで加熱することを目的としたシステムの場合は、液体の引火点から 10°C 引いた温度以下に設定された液体過熱インタロックを設けるべきである。) これらの温度限界値を順守することが使用目的に合っていない場合、使用目的のリスクに対処できるように安全機能を選択すべきである。(たとえば、可燃性液体を引火点から 10°C 引いた温度以上に加熱する目的で PLHS が使用される場合、引火性液体に対する基準を用いて安全機能を選択すべきである。)



- #1 「FP-10」は、液体の引火点より 10°C 低い温度を意味する。液体が不燃性の場合、ヒーターは液体を FP-10 まで加熱する能力はない。液体が可燃性であり、ヒーターが液体を沸騰させる能力がある場合、ヒーターは液体を FP-10 まで加熱する能力がある。
- #2 「FDT-10」は、液体から引火性分解生成物が生じる温度より 10°C 低い温度を意味する。液体の分解により引火性生成物が生じない場合、加熱領域は FDT-10 を超える可能性はない。FDT が不明であるが、液体の熱分解により引火性生成物が生じることが分かっている場合、加熱領域の温度は FDT-10 に達する可能性があるものと見なすこと。
- #3 「ヒーターは～する能力があるか」および「加熱領域は～する可能性があるか」という表現は、液体の特性および PLHS の構成に基づいて考慮され、使用可能な電圧と電流で連続的に機能するヒーターの能力を意味する。
- #4 「液体」は、「可燃性」または「引火性」のどちらとも見なされるかを判断しようとしている対象により、プロセス用液体または HTF を意味する。

**Figure 1**  
引火性、可燃性、または不燃性のどの分類として液体を扱うべきかを判断する方法

## 8.2 付属書2の表を用いた安全機能の選択 (Selection of Safety Features using the Tables in Appendix 2)

例外：§ 8.2 の要件に適合する代わりに、§ 8.3 の基準に従って (SEMI S10 および SEMI S14 に規定されている) Low 以下のレベルのリスクを実現するための代替手段を用いることができる。

8.2.1 表 2 を用い、液体の加熱方法および分類 (引火性、可燃性、または不燃性) により、付属書 2 の該当する表を選択すべきである。

**Table 2 安全機能の選択**

| 加熱液体<br>(Heated Liquid) | 加熱方法<br>(Heating Method)         | 液体<br>(Liquid) | 安全機能の表<br>(Safety Feature Table) |
|-------------------------|----------------------------------|----------------|----------------------------------|
| 熱伝達流体                   | すべて                              | 引火性 HTF        | 表 A2-14                          |
|                         |                                  | 可燃性 HTF        | 表 A2-15                          |
|                         |                                  | 不燃性 HTF        | 表 A2-16                          |
| プロセス用液体                 | 熱伝達システム                          | 引火性プロセス用液体     | 表 A2-17                          |
|                         |                                  | 可燃性プロセス用液体     | 表 A2-18                          |
|                         |                                  | 不燃性プロセス用液体     | 表 A2-19                          |
|                         | 熱伝導ヒーター<br>(浸漬ヒーターまたは<br>外部ヒーター) | 引火性プロセス用液体     | 表 A2-20                          |
|                         |                                  | 可燃性プロセス用液体     | 表 A2-21                          |
|                         |                                  | 不燃性プロセス用液体     | 表 A2-22                          |
|                         | 放射ヒーター                           | 引火性プロセス用液体     | 表 A2-23                          |
|                         |                                  | 可燃性プロセス用液体     | 表 A2-24                          |
|                         |                                  | 不燃性プロセス用液体     | 表 A2-25                          |

8.2.2 付属書 2 の表では、PLHS および対応する安全機能に関連する場合があるプロセス用液体の特性および加熱システムの特徴を列記している。付属書 2 の該当する表を用いて、各 PLHS の安全機能を選択すべきである。

8.2.3 付属書 2 の表で特定された安全機能を PLHS に組み込むべきである。

8.2.4 PLHS に HTF を用いる場合、PLHS の中で HTF を加熱する部分には、表 A2-14、A2-15、および A2-16 によって特定された安全機能を組み込み、PLHS の中でプロセス用液体を加熱する部分には、表 A2-17、A2-18、および A2-19 によって特定された安全機能を組み込むべきである。

### 8.3 リスクに基づいた安全機能の選択 (Selection of Safety Features Based on Risk)

8.3.1 付属書 2 の中で 1 つまたは複数の表に記載されていない PLHS の場合、または装置サプライヤが (SEMI S10 および SEMI S14 に規定されている) Low 以下のレベルのリスクを実現するための代替手段を選択する場合、¶ 8.3 に従うべきである。

8.3.2 SEMI S10 および SEMI S14 に従って PLHS のリスクを評価すべきである。検討する危険源およびリスクには、SEMI S2 および本安全ガイドラインに記載されているものを含めるべきである。

8.3.3 残存リスクが (SEMI S10 および SEMI S14 に規定されている) Low 以下のレベルとなるようにするため、安全機能 (インタロックなど) および安全対策をシステムに組み込むべきである。

8.3.4 付属書 2 の表ではなく、リスクに基づいて安全機能を選択する場合、表ではなくリスクに基づく方法を用いたという情報を SEMI S3 に関する適合声明書に記載すべきである。

## 9 安全機能の設計と性能

9.1 安全機能は、§§ 9.3～9.16 に記載されているように設計され、達成されるべきである。

例外：§ 9.2 およびその副段落の基準に従って、安全機能の代替設計を行ってもよい。

9.1.1 すべての PLHS が、以下のセクションに記載された安全機能のすべてを必要とするわけではない。各 PLHS の安全機能は、§ 8 に従って選択すべきである。安全機能の設計と性能は、以下のセクションに記載されている内容のようにすべきである。

9.2 安全機能が §§ 9.3～9.16 に記載されているものではない場合、¶¶ 9.2.1～9.2.4 に従うべきである。

9.2.1 安全機能が §§ 9.3～9.16 に適合していない場合には、その安全機能が信頼できるかどうかのリスクは SEMI S10 と SEMI S14 に従って評価されるべきである。検討する危険およびリスクには、SEMI S2 および本安全ガイドラインに記載されているものを含めるべきである。

9.2.2 安全機能（インタロックなど）の設計と性能により、残存リスクを（SEMI S10 および SEMI S14 に規定されている）Low 以下のレベルにすべきである。

9.2.3 安全機能が §§ 9.3～9.16 ではなくリスクアセスメントに基づいて許容可能なリスクと判断された場合、§§ 9.3 から 9.16 ではなくリスクに基づく方法を用いたという情報を SEMI S3 に関する適合声明書に記載すべきである。

9.2.4 付属書 2 に従って選択された安全機能の設計と性能により（SEMI S10 および SEMI S14 に規定されている）Low 以下のレベルのリスクが実現できることを判断するため、§§ 9.3～9.16 への適合ではなくリスクアセスメントを使用する場合は、PLHS 全体のリスクを評価すべきであるという基準は適用されない。言い換えれば、付属書 2 に従って安全機能を選択しているが、§§ 9.3～9.16 への適合に基づくのではなく（SEMI S10 および SEMI S14 に規定されている）Low 以下のレベルのリスクを実現することに基づいて、1 つまたは複数の安全機能が許容可能と判断されている場合、PLHS が SEMI S3 に適合していると判断してよい。

### 9.3 すべての安全インタロックに共通する特徴 (Characteristics Common to All Safety Interlocks)

9.3.1 安全インタロックシステムは、SEMI S2 の安全インタロックシステムの要件に適合すべきである。

9.3.2 安全インタロックシステムの作動によって、PLHS が中断した場合には、PLHS に再通電するために知識を有する人が慎重な作業を行えるよう、安全インタロックシステムにリセット機能が組み込まれるべきである。

注 21: インタロックは、§ 5 で「特定の機械構成要素の動作を特定の条件の下で防止または中断することを目的とした機械式、電気式、またはその他の形式のデバイスまたはシステム」と定義されている。「防止」と「中断」の機能に対して同じデバイスと回路を用いることができるが、知識に基づく慎重なリセットに関する要求事項は「中断」の機能のみに関係する。たとえば、容器内の液面管理の低レベルセンサを、ヒーター電力用インタロックの入力とすることができる。このインタロックは、次の両方の機能を備える。

1. プログラムによって容器を空にして再充填する間は、（制御プログラムに対する補助として）ヒーターへの電力供給がされないようにする。
2. ヒーターへ電力が供給されているときに容器内の液面が低レベルになった場合、ヒーターへの電力供給を中断する。

上記が意味するのは、2 番目の場合にはヒーターに再通電する際に知識を有する人の慎重な介入がシステム上必要であるが、1 番目の場合には必要ないということである。これは、1 番目の場合（ヒーターが通電されていない状態で低レベル）は「正常な」状態であるのに対し、2 番目の場合（ヒーターが通電されている状態で低レベル）は「異常な」状態だからである。

9.3.3 安全インタロックシステムのセンサおよびそれに関連する回路と配線は、プロセス制御に用いられるものから分離されるべきである。「分離される」という表現は、インタロックとプロセス制御に共通に用いられるコンポーネント（センサ、制御回路、アクチュエータなど）はないことを意味する。

例外：安全インタロックシステムがフェールセーフである場合は、共通の要素があってもよい。

注 22: これは、本安全ガイドラインの基準が「フェールセーフ (fail-safe)」であって「耐欠陥性 (fault tolerant)」ではないという点で SEMI S2-0703 とは異なる。「耐欠陥性」は「合理的に予測可能な単一箇所の故障によって安全ではない状態に至ることがないように設計されていること」と定義されている。「安全ではない状態」が定義されていないため、故障によってインタロック自体が危険を引き起こさない限り、単に機能しなくなったインタロックはこの基準を満たすという意見もある。たとえば、対象物の温度を測定するために 2 つの熱電対が用いられており、その熱電対のうち 1 つが対象物から分離して、実際より低い温度を示している場合、熱電対の分離によって対象物の温度が上昇することはないため、システムは「耐欠陥性」であると主張する人がいるかもしれない。しかし、たとえば、フェールセーフシステムは、複数の熱電対温度を比較するシステムであり、温度が大幅に異な

る場合、フェールセーフ(「故障が起こってもリスクが増大しないように設計されていること」と定義されている)システムは、複数の熱電対温度の間に顕著な差異が検出されると、ヒーターの電力供給を停止する。

**9.3.4 単一箇所の故障 (Single-Point Failure)** — 安全インタロックは、事実上の (*de facto*) プロセスコントローラとして用いるのではなく、故障の際にプロセス制御を補助するために用いるべきである。一例として、低液面レベル安全インタロック (§ 9.6) および液体フロー安全インタロック (§ 9.7) は、容器から排液する際にヒーターの電源を遮断するための主要手段として用いるべきではない。その代わりに、排液シーケンスの一部として、排液シーケンスによってヒーターへの通電を停止すべきである。(関連情報1には設計実施例の考察が含まれている。) 低液面レベル安全インタロック (§ 9.6) は、このシーケンスが機能しなかった場合に限り、保護機能として用いるべきである。別の例として、プロセス温度コントローラは液体過熱安全インタロックの設定温度より高い温度に設定すべきではない。プロセス温度コントローラを液体過熱インタロックの設定温度より高い温度に設定すると、過熱インタロックは事実上の (*de facto*) コントローラとなり、インタロックが機能しなかった場合にシステムが保護されない。

注 23: ソフトウェアでプロセス温度を設定するプロセスコントローラでは、プロセスコントローラで設定できる温度の限界値を、ソフトウェアで設定することができる。ただし、ソフトウェアのアクセス権は、プロセス温度を設定する場合よりも限界値を設定する場合の方が高いレベルのアクセス権を必要とすることが前提となる。

**9.4 液体過熱安全インタロック (Liquid Overtemperature Safety Interlock)** — 液体過熱安全インタロックは、プロセス用液体の特性が変化して潜在的に危険な状況となる温度に達すること(たとえば、沸点、自然発火温度、または引火分解温度に達すること)を防止すべきである。

**9.4.1 液体過熱に対する保護は、独立した安全インタロックによって設けてもよいし、プロセス温度コントローラおよび過熱保護の両方に用いるために公認試験所の認定を受けたプロセス温度コントローラを用いることによって設けてもよい。そのような認定済みデバイスをプロセス制御と安全インタロックの両方に用いる場合、フェールセーフであるべきである。**

注 24: 公認試験所の認定を受けたデバイスがすべてフェールセーフであるとは限らない。

**9.4.2 液体過熱設定値は、加熱される化学物質および液体に接触する構成材料の特性の両方に基づいて決定すべきである。一般に、液体過熱設定値は、安全上の考慮事項に合った温度と同等の温度に設定することができる。**

**9.4.2.1 液体に関しては、最大過熱設定値は表 3 を用いて選択すべきである。可燃性液体に対する液体過熱設定値は、液体の引火点から 10°C 引いた温度よりも高く設定することができるが、その場合はその液体を引火性に見なすべきである。**

**Table 3 最大過熱インタロック設定値の選択**

| 液体の分類<br>(Liquid Treated As) | 最大過熱設定値<br>(Maximum Overtemperature Setpoint) |
|------------------------------|-----------------------------------------------|
| 不燃性                          | 沸点                                            |
| 引火性                          | 自然発火温度から 50°C を引いた温度または沸点のうち低い方               |
| 可燃性                          | 引火点から 10°C を引いた温度                             |

例外：試験または解析によって、インタロックの性能が、自然発火点または引火点に到達することを防止できると判断された場合、小さいマージンのもの(つまり、自然発火温度から 50°C 以内または引火点から 10°C 以内の温度)を使用することもできる。より小さいマージンのものを使用する場合、その許容性の根拠を SEMI S3 適合性評価報告書に記載すべきである。

注 25: 本表の制限により、大気圧より高い圧力の密閉容器中で液体を沸騰させずに液体の沸点より高い温度まで液体を加熱する PLHS は使用することができない。しかし、このような PLHS は、圧力と温度の制御機能に関するリスクの評価に基づいて、本文書に適合していることを確認することができる。

9.4.2.2 選択した液体過熱設定値に対し、すべてのコンポーネントが最高使用温度以下であることを確認するために、リスクアセスメントを行うべきである。リスクアセスメントでは、PLHS に関連する液体の収納部、配管、および支持部の構造すべてを対象にすべきである。

9.4.3 液体過熱センサは、液体の最高温度を正確に示すように設置すべきである。

注 26: さまざまな PLHS の液体過熱安全インタロックセンサの配置例については、付属書 1 を参照すること。

9.5 ヒーター過熱安全インタロック (Heater Overtemperature Safety Interlock) — センサを設置し、ヒーターおよびその周辺材料の構造的完全性の劣化を防止する温度に設定すべきである。

9.5.1 低液面レベル安全インタロックがある場合、低液面レベル安全インタロックがヒーターへの電力供給を停止するレベルより液面が高い範囲において、ヒーター過熱安全インタロックは劣化を防止すべきである。

9.5.2 低液面レベル安全インタロックがない場合、ヒーター過熱安全インタロックは、液がない状態も含め、液面がどの位置であっても劣化を防止すべきである。

9.5.3 過熱状態はさまざまな位置で起こる可能性があり、それらの位置を監視するために複数のセンサが必要になる場合がある。

注 27: さまざまな PLHS に対してヒーター過熱安全インタロックセンサを配置できる位置については、付属書 1 を参照すること。

9.5.4 安全インタロックを 1 つだけ用いて、ヒーター自体の過熱および加熱領域の過熱の両方に対する安全インタロックとすることができる。ただし、その設定値は、個々のインタロックに適切と判断された設定値温度のうち低い方を超えない値であることを条件とする。

9.6 低液面レベル安全インタロック (Low-Liquid-Level Safety Interlock) — このインタロックは、液体の熱吸収容量の低下による故障を防止すべきである。

9.6.1 低液面レベル安全インタロックは、プロセス用液体が液体過熱安全インタロックの設定値温度のとき、プロセス用液体または PLHS によって危険な温度に到達しないように、十分な体積のプロセス用液体が現状を維持して残留熱エネルギーを吸収できるように設置すべきである。

注 28: さまざまな PLHS に対して低液面レベル安全インタロックセンサを配置できる場所については、付属書 1 を参照すること。

9.6.2 適切なセンサを選定するためには、加熱される液体の物理的特性、センサが配置される場所の環境条件、およびセンサの故障モードを考慮すべきである。

9.6.3 液体過熱安全インタロックを用いる場合、低液面レベル安全インタロックにより PLHS の通電が可能になるレベルより低い位置の液体中に液体過熱 (liquid overtemperature) 安全インタロック用のセンサを浸漬できるように、低液面レベル (low-liquid level) 安全インタロックのセンサを設置すべきである。

9.7 液体フロー安全インタロック (Liquid Flow Safety Interlock) — 流れに依存するシステムでは、液体の流れを監視するセンサを設け、安全な流れが確保されている場合のみ PLHS への通電を可能にすべきである。

注 29: フロースイッチは、十分な流れがあることを監視する唯一の手段ではない。

注 30: 液体ポンプと PLHS の両方に対して共通の電源を供給することは、液体の流れを確保するために適切でない場合がある。そのような設計では、ポンプの故障が検知されない可能性があるからである。

注 31: さまざまな PLHS に対して液体フロー安全インタロックを設置できる場所については、付属書 1 を参照すること。

9.7.1 流れに依存するヒーターを含む容器では、プロセス用液体の流れが中断され、ヒーターが液体過熱安全インタロックの設定値温度のときに、プロセス用液体およびリキッドケミカル加熱システムが危険な温度に達しないように構成すべきである。流れが中断したときに危険な温度に到達しないように残留熱エネルギーを吸収するための十分な体積のプロセス用液体を確保することによって、この基準を満たすことができる。

## 9.8 過圧保護 (Overpressure Protection)

9.8.1 適切なガス抜き機能などの手段は、過剰な圧力または蒸気の発生による容器の破裂を十分に防止できるものであるべきである。

注 32: 必要なガス抜き機能の推定に用いることができる数式を、関連情報 1 に記載している。

9.9 不活性化 (Inerting) — 容器が実質的に密閉されており、蒸気濃度が引火範囲に入る原因となり得る空気または他の酸化剤の導入がない場合、容器の蒸気空間の不活性化はリスク抑制措置として有効である。さらに、不活性化は、放射ヒーターの加熱フィラメントとシースの間の空間に対するリスク抑制措置としても有効である。

9.9.1 不活性雰囲気を利用する場合、空気または酸素の導入がない限り、燃焼を維持しないレベルまで酸素を低減させるのに不活性化システムが有効であることを、代表的な設計例で酸素濃度を測定することによって確認すべきである。

注 33: エンクロージャを開けることにより外気が入った場合、混合気が引火範囲に入る可能性があるため、容器を不活性化した後は特に注意すべきである。

### 9.9.2 不活性化安全インタロック (Inerting Safety Interlock)

9.9.2.1 不活性化を利用する場合、不活性化ガスの流れを監視し、不活性化システムが適切に働いていないときはヒーターが機能するのを防止するため、適切な安全インタロックを設けるべきである。

9.9.2.2 十分な体積の不活性化ガスを導入して酸化剤の濃度が許容レベルに低減するまで、PLHS の通電を防止すべきである。

注 34: さまざまな燃料の燃焼を維持できる最低酸素濃度に関する情報は、NFPA 53「酸素リッチ雰囲気を用いられる材料、装置、およびシステムに関する推奨法 (Recommended Practice on Materials, Equipment, and Systems Used in Oxygen-Enriched Atmospheres)」などの既刊文献およびスタンダードから知ることができる。

9.9.2.2.1 酸化剤の濃度を確実に許容レベルまで低減するため、不活性化ガスの流れを検知してからヒーターに通電するまでの間に十分な遅延をとったとしても許容可能である。酸化剤の濃度を直接測定する必要はない。

注 35: この遅延時間は、代表的な設計例における酸素濃度の測定または工学計算によって求めることができる。

9.9.2.3 不活性雰囲気を維持するために流れが必要な場合は、流量が不十分であることが検知されたときにヒーターへの電力供給を中断すべきである。

注 36: 不活性化ガス入口の流量監視器は、不活性化システムの適切な動作を保証するのに十分ではない。出口流量、または不活性化される容器内の圧力監視と組み合わせた入口流量は、適切な流量を検知するための好ましい手段である。

9.9.3 窒素または他の不活性化ガスを、引火性蒸気の移送手段として用いる場合（アルコール蒸気乾燥器中など）、PLHS が § 9.9 に適合しているかどうかを判断する際にこれを考慮することができる。

9.9.4 該当するスタンダード (NFPA 496 または EN 1127-1 など) に従って設計および試験された不活性化ガスによるパーキングは、燃料濃度を低減するため、§ 9.9 の基準に適合しているとみなすことができる。

注 37: 酸化剤を発熱体から排除することにより引火性蒸気と酸化剤の混合気が発熱体が接触することを避けられるため、放射ヒーターを不活性化することは、発熱体の表面における発火を防止するための最適な手段となり得る。しかし、引火性蒸気と空気の混合気は、濃度範囲によっては発火し得るため、放射ヒーターを空気でパーキングしても、この保護を施したことにはならない。パーキングの説明を以下に記載する。

9.10 パーキング (Purging) — 容器の蒸気空間をパーキングすることは、リスク抑制措置として有効な場合がある。

注 38: この方法を検討する際は、排出空気への混入によるプロセス用液体の減少、およびプロセス用液体を含む空気を適切に処理する必要性の両方を検討すべきである。

9.10.1 パージングを利用する場合、液体が単一故障時の最高温度であるときに、容器中の引火性蒸気の濃度を LFL の 25%以下まで低減するためにパージングシステムが有効であることを、代表的な設計例における引火性蒸気濃度の測定によって確認すべきである。

9.10.2 パージング安全インタロック (*Purging Safety Interlock*) — パージングを利用する場合、引火性蒸気を LFL の 25%未満まで低減するための十分な流量を確保するため、適切な安全インタロックを設けるべきである。流量が不十分であることが検知された場合、ヒーターへの電力供給を中断すべきである。

9.10.3 該当するスタンダード (NFPA 496 または EN 1127-1 など) に従って設計・試験されたパージングは、§ 9.10 の基準に適合しているとみなすことができる。

注 39: パージングは、液体の上のヘッドスペースに適用できる保護手段である。しかし、バリアが破損した場合に液に浸かる可能性があるヒーターの保護には適用できない。不活性化は、ヒーターとヘッドスペースの両方に適用できる。

注 40: パージ入口ポートの流量監視器は、パージシステムの適切な動作を保証するのに十分ではない。出口ポートの流量を監視することは、流量が適切であるかどうかを検知するための好ましい手段である。決められた出口が利用できない場合、入口流量およびパージされる容器またはエンクロージャ内の圧力監視を使用してもよい。

### 9.11 耐熱性金属構造 (*High Temperature Metal Construction*)

9.11.1 引火性液体を入れるために用いられる容器は、1100°C (2012°F) においてその液体を入れるのに十分な強度を持つ金属で構成すべきである。ただし、そのような金属であってもプロセスへの適合性の問題により適切でないものは除く。合理的に予測可能な液体の重量と圧力によって、室温時の最大抗張力を 3.5 で割った値より大きな応力が生じないようにすべきである。

注 41: 3.5 の係数は、ASME ボイラ・圧力容器コードから入手した。

注 42: 引火性液体を入れるために用いる金属の種類(鉄系金属など)または金属の融点は、さまざまなコード、規則、およびスタンダードに明記されている。本文書の基準への適合には、PLHS が用いられる場所に適用可能な関連コード、規則、およびスタンダードへの順守は必ずしも含まれない。

例外: 利用する封じ込めの方法および材料により、以下の状況において (SEMI S10 および SEMI S14 に規定されている) Low 以下のレベルのリスクになることがリスクアセスメントによって確認できる場合に限り、プラスチックなどの代替材料を用いることができる。

- プロセス温度制御によって制御されている通常プロセス温度範囲のとき
- 過熱安全インタロックによって制限されている値までの異常温度状態のとき
- 容器内またはリキッドケミカル加熱システム内 (プロセス容器内など) に入っている化学物質に関わる火災のとき
- 装置内の他の場所 (ウェット・ベンチの表面下領域など) で火災が生じたとき

注 43: § 7 のプラスチック材料の例外基準と考察によって、設計者は正常および異常なプロセス温度およびそれに関連して生じる機械的、熱的、および化学的なストレスに対するプラスチックの適合性などの問題を検討することを意図している。

注 44: 次のいずれかを用いることによって火災リスクおよびプロセス適合性の問題に対処できる場合がある。

- プロセスに対応できるプラスチックで裏張りされた (火災のリスクへの対処に) 適切な金属の容器
- 適切な金属容器の内側に設置された、プロセスに対応できるプラスチックの容器
- 適切な金属で構成されている 2 次収納容器を備えた、プロセスに対応できるプラスチックの容器

9.12 感電からの作業者の保護 (*Protection of Personnel from Electrical Shock*) — 次の手段のうち少なくとも 1 つを用いて、作業者を感電から保護すべきである。

9.12.1 作業者の保護に関する適切なスタンダードに適合しているものとして公認試験所の認定を受けた地絡回路遮断器 (GFCI)。

9.12.2 発熱体と熱伝達流体 (HTF) またはプロセス用液体との間への接地された導電性バリアの設置。

### 9.13 放射加熱の遮蔽 (Shielding from Radiant Heating)

9.13.1 放射加熱によって温度が最高使用温度まで上昇し得るコンポーネントと周辺材料を保護するため、放射エネルギーを通さない遮蔽を設けるべきである。

9.13.2 (放射発熱体の温度を検出する目的以外の) 過熱センサを放射加熱から保護するため、放射エネルギーを通さない遮蔽を設けるべきである。

9.14 加熱領域過熱安全インタロック (Heated Area Overtemperature Safety Interlock) — センサを設置し、加熱領域が液体に浸かった場合に加熱領域が FDT-10 (引火分解から 10°C 引いた温度) に達するのを防ぐ温度に設定すべきである。

9.14.1 過熱状態はさまざまな位置で起こる可能性があり、それらの位置を監視するために複数のセンサが必要になる場合がある。

9.14.2 安全インタロックを 1 つ用いるだけで、ヒーター自体の過熱および加熱領域の過熱の両方に対する安全インタロックとすることができる。ただし、その設定値は、個々のインタロックに対して適切と判断された設定値温度のうち低い方を超えない値の場合である。

9.15 危険な場所での使用に関する認定 (Certification for Use in Hazardous Locations) — (「爆発性」または引火性の観点から見て) 危険な場所として分類された場所で用いる PLHS の電気コンポーネントおよび装置は、特別に認定を受けるか、その用途に適用可能なスタンダードに従って評価すべきである。

注 45: この評価を行う方法を規定している文書には、UL 823, UL 1604, および IEC 60079 シリーズなどがある。

注 46: 危険な場所を判断する方法を規定している文書には、NFPA 497 および EN 1127-1 などがある。

9.16 熱交換器過熱安全インタロック (Heat Exchanger Overtemperature Safety Interlock) — センサを設置し、プロセス用液体がない状態も含め、プロセス用液体の液面がどの位置にあっても、熱交換器、プロセス用液体が入っている容器、またはその周辺材料の構造的完全性の劣化を防止する温度に設定すべきである。

注 47: さまざまな PLHS に対してヒーター過熱安全インタロックセンサを設置できる場所については、付属書 1 を参照すること。

9.16.1 過熱状態はさまざまな位置で起こる可能性があり、それらの位置を監視するために複数のセンサが必要になる場合がある。

9.16.2 ヒーターの電力および加熱液体熱交換システムに組み込まれたすべてのインタロックを考慮し、HTF が加熱され得る最高温度において、本インタロックが目的の機能を果たすべきである。

## 10 文書

10.1 システムの付属文書には、PLHS のプロセス温度コントローラと安全インタロックに関して定期的に行うべき試験を記載すべきである。これらの試験は破壊を伴う性質のものであるべきでない。試験を行うデバイスには、温度制御機器とそのセンサ、液体過熱インタロック、ヒーター過熱インタロック、レベル制御機器、低液面レベル安全インタロック、液体フロー安全インタロック、パージングまたは不活性化ガス用の流量センサと圧力センサ、および引火性蒸気の検出器を含めるべきである。

例外: 安全機能を供さないか、自動的に監視される、プロセス温度コントローラまたはその一部は、上記定期検査規定の対象外である。

10.2 用いる試験手順および試験の間隔を文書に記載すべきである。

注 48: 文書に記載すべき他の情報については、SEMI S2 および SEMI S13 を参照すること。

## 11 関連文書

### 11.1 *ASME Document*<sup>5</sup>

Boiler and Pressure Vessel Code

### 11.2 *ASTM Standards*<sup>6</sup>

ASTM C1147 — Practice for Determining the Short Term Tensile Weld Strength of Chemical-Resistant Thermoplastics

ASTM D150 — Dielectric Constant, Dissipation Factor

ASTM D621 — Deformation under Load

ASTM D638 — Tensile Strength and Ultimate Elongation

ASTM D648 — Heat Deflection Temperature/Heat Deflection Temperature Under Load

ASTM D790 — Flex Modulus

ASTM D792 — Specific Gravity

ASTM D1238 — Melt Flow Rate

ASTM D2240 — Hardness

ASTM D2990 — Creep Resistance

ASTM D4591 — Melting Point

### 11.3 *DVS Guidelines*<sup>7</sup>

DVS 2205-1 — Design Calculations for Containers and Apparatus Made of Thermoplastics — Characteristic Values

### 11.4 *IEC Standard*<sup>8</sup>

IEC 60079-0 — Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres

### 11.5 *NFPA Documents*<sup>2</sup>

NFPA 1 — Uniform Fire Code

NFPA 53 — Recommended Practice on Materials, Equipment, and Systems Used in Oxygen-Enriched Atmospheres

NFPA 70 — National Electrical Code

NFPA 77 — Recommended Practice on Static Electricity

NFPA 318 — Standard for the Protection of Semiconductor Fabrication Facilities

### 11.6 *UL Standards*<sup>4</sup>

UL 746B — Maximum Continuous In-Use Temperature

UL 843 — Standard for Electric Heaters for Use in Hazardous Locations

<sup>5</sup> American Society of Mechanical Engineers, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990, USA; Telephone: +1.973.882.1170, Fax: +1.973.882.1717, <https://www.asme.org>

<sup>6</sup> ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA; Telephone: +1.610.832.9585, Fax: +1.610.832.9555, <http://www.astm.org>

<sup>7</sup> DVS-Verlag GmbH, Aachener Str. 172, D-40223 Duesseldorf, Germany. Telephone: +49.211.1591.161; Fax: +49.211.1591.150; <http://www.dvs-verlag.de>

<sup>8</sup> International Electrotechnical Commission, 3 rue de Varembe, Case Postale 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland; Telephone: +41.22.919.02.11, Fax: +41.22.919.03.00, <http://www.iec.ch>