

JFMA

Technical Information

ファイバーレーザー加工機の安全要求事項

Fiber laser processing machine - Safety requirements

TI 105: 2014

2014年3月

一般社団法人 日本鍛圧機械工業会
技術委員会
レーザー・プラズマ専門部会

目次	ページ
序文.....	1
まえがき.....	1
1 適用範囲.....	2
2 引用規格.....	2
2.1 JIS 引用規格.....	2
2.2 ISO 引用規格.....	3
3 用語及び定義 terms and definitions.....	3
3.1 ファイバーレーザ加工機の構成 constitution of fiber laser processing machine.....	3
3.2 ホールド・トゥ・ラン制御 hold-to-run control.....	5
3.3 遮蔽空間 confined space.....	5
3.4 アクセスが制御された場所 location with controlled access.....	5
3.5 アクセスが制限された場所 location with restricted access.....	5
3.6 供給ユニット supply unit.....	5
3.7 処理装置 disposal unit.....	5
3.8 保守 maintenance.....	5
3.9 製造者・メーカー manufacturer.....	5
3.10 改造 modification.....	5
3.11 プロセスゾーン process zone.....	6
3.12 生産 production.....	6
3.13 サービス service.....	6
3.14 サブアセンブリ subassembly.....	6
3.15 加工対象物 workpiece.....	6
3.16 被ばく放出限界 (AEL) accessible emission limit.....	6
3.17 最大許容露光量 (MPE) maximum permissible exposure.....	6
3.18 個人保護具 (PPE) personnel protective equipment.....	6
3.19 公称眼障害区域 (NOHA) nominal ocular hazard area.....	6
3.20 公称眼障害距離 (NOHD) nominal ocular hazard distance.....	6
3.21 ヒューム fume.....	6
3.22 ビーム伝送システム beam transmission system.....	6
3.23 光ファイバーケーブル optical fiber cable.....	6
3.24 レーザ管理区域 laser controlled area.....	7
4 リスクアセスメントの実施とリスク低減.....	7
4.1 レーザによる固有の危険源.....	7
4.2 外部要因による危険源.....	8
4.3 ハンドヘルドファイバーレーザ加工機の使用と関係する更なる危険源.....	8
5 安全要求事項及び方策.....	8
5.1 一般的要求事項.....	9

5.2 レーザ放射危険源に対する保護.....	10
5.3 制御方法と回路.....	12
5.4 ビーム伝送システム.....	15
5.5 ハンドヘルドファイバーレーザー加工機的设计要求事項.....	15
5.6 複合機及び長尺対応のファイバーレーザー加工機の安全要求事項.....	18
6 安全要求事項及び方策の確認.....	18
6.1 ファイバーレーザー加工機の確認.....	18
6.2 リスク評価の確認.....	18
6.3 レーザ分類.....	18
7 ユーザーへの情報.....	19
7.1 一般的要求事項.....	19
7.2 ユーザーに対しての安全要求事項.....	19
7.3 高電圧に関する情報.....	20
7.4 ハンドヘルドファイバーレーザー加工機に関する情報.....	20
8 表示及び標識.....	20
8.1 警告銘板.....	21
附属書 A.....	22
附属書 B.....	25
附属書 C.....	27
附属書 D.....	28
附属書 E.....	30
附属書 F.....	32
あとがき.....	35
規格作成委員会の構成.....	35

一般社団法人 日本鍛圧機械工業会 工業会規格 Technical Information

ファイバーレーザー加工機の安全要求事項

Fiber laser processing machine - Safety requirements

序文

本規格は、一般社団法人日本鍛圧機械工業会のレーザー・プラズマ専門部会にて原案作成作業を行い、技術委員会の審議、理事会の承認を得て、工業会規格として定めたものである。

まえがき

レーザー加工機は一般的には不可視（見えない）レーザービームを利用して、切断、溶接などの作業を行うものであり、レーザービームの取扱いには細心の注意が必要である。レーザービームの危険性については従来から認知されており、適正な安全措置を講じなければ、人体に重大な損傷を与えることになる。

通商産業省（現経済産業省）はこの点を重視し、財団法人光産業技術振興協会にレーザーの安全性について日本工業規格（JIS）の調査研究を委託し、1988年11月にJIS C 6802「レーザー製品の放射安全基準」が制定された。

その後、レーザーの応用範囲が広がったことに伴い、レーザーの安全基準を見直す必要性が高まってきた。そのため、1997年12月にJIS C 6802「レーザー製品の安全基準」として改定され、数回の追補改正後現在に至り、これがレーザー機器の安全設計、取り扱いに関する公的基準となっている。

近年、ファイバーレーザー発振器の高出力化に伴い、今まで加工できなかった材料や厚板の加工ができるようになった。更に、ファイバーレーザービームはファイバーケーブル伝送による切断や溶接もできるようになったが、人体に与える危害もファイバーレーザービーム特有の重篤性から守る最善の方策が求められる。

一般社団法人 日本鍛圧機械工業会のレーザー・プラズマ専門部会では、「ファイバーレーザー加工機の安全要求事項」と題して、ファイバーレーザー加工機のファイバーレーザービーム、加工材料や環境によって発生する危険源、更にハンドヘルドファイバーレーザー加工機特有の危険源に焦点を当てた防護方策について規定する TI 105 を発行することにした。また ISO 11553-1：レーザー加工機の一般的安全要求事項、ISO 11553-2：ハンドヘルドレーザー加工機の安全要求事項にも整合する工業会規格とした。

1 適用範囲

レーザービームの伝送に光ファイバーケーブルを用いて材料を切断・溶接するファイバーレーザー加工機に適用する安全要求事項と保護方策の考え方を示す。CO₂ レーザとの波長の違いによる危険源、ファイバーケーブル伝送による危険源、オペレーターがハンドヘルドトーチで直接加工を行うことによる危険源及び保護方策について規定する。

2 引用規格

2.1 JIS 引用規格

JIS B 6012-2 工作機械—数値制御用図記号

注記 対応国際規格：ISO 2972, Numerical control of machines—Symbols

JIS B 8361 油圧-システム及びその機器の一般規則及び安全要求事項

注記 対応国際規格：ISO 4413, Hydraulic fluid power-General rules and safety requirements for systems and their components

JIS B 8370 空気圧-システム及びその機器の一般規則及び安全要求事項

注記 対応国際規格：ISO 4414, Pneumatic fluid power-General rules and safety requirements for systems and their components

JIS B 9700 機械類の安全性-設計のための一般原則-リスクアセスメント及びリスク低減

注記 対応国際規格：ISO 12100, Safety of machinery—Basic concepts, general principles for design—Part 1:Basic terminology, methodology (IDT)

JIS B 9703 機械類の安全性-非常停止-設計原則

注記 対応国際規格：ISO 13850:2006 Safety of machinery—Emergency stop—Principles for design

JIS B 9704-1 機械類の安全性-電氣的検知保護設備-第1部：一般要求事項及び試験

注記 対応国際規格：IEC 61496-1, Safety of machinery—Electro-sensitive protective equipment—Part 1: General requirements and tests

JIS B 9705-1 機械類の安全性—制御システムの安全関連部—第1部：設計のための一般原則

注記 対応国際規格：ISO 13849-1:2006, Safety of machinery—Safety-related parts of control system—Part 1:General principles for design (IDT)

JIS B 9710 機械類の安全性—ガードと共同するインタロック装置--設計及び選択のための原則

注記 対応国際規格：ISO 14119, Safety of machinery—Interlocking devices associated with guards—Principles for design and selection

JIS B 9712 機械類の安全性—両手操作制御装置—機能的側面及び設計原則

注記 対応国際規格：ISO 13851, Safety of machinery—Two-handed control devices—Functional aspects and design principles

JIS B 9714 機械類の安全性—予期しない起動の防止

注記 対応国際規格：ISO 14118, Safety of machinery—Prevention of unexpected start-up
JIS B 9960-1 機械類の安全性—機械の電気装置—第1部：一般要求事項

注記 対応国際規格：IEC 60204-1 Safety of machinery—Electrical equipment of
machines—Part 1:General requirements

JIS C 6802 レーザ製品の安全基準

注記 対応国際規格：IEC 60825-1, Safety of laser products—Part 1:Equipment classification
and requirements

JIS Z 9101 安全色及び安全標識—産業環境及び案内用安全標識のデザイン通則

注記 対応国際規格：ISO 3864-1, Graphical symbols—Safety colours and safety signs—Part
1:Design principles for safety signs in workplaces and public areas

2.2 ISO 引用規格

ISO 3864-2:2004 Graphical symbols—safety colours and safety signs—Part 2:Design principles
for product safety labels

ISO 3864-3:2012 Graphical symbols—Safety colours and safety signs—Part 3:Design principles
for graphical symbols for use in safety signs

ISO 7000:2012 Graphical symbols for use on equipment—Registered symbols

ISO 11252:2004 Lasers and laser-related equipment—Laser device—Minimum requirements for
documentation

ISO 11553-1:Safety of machinery—Laser processing machines—Part 1:General safety
requirements

ISO/TR 14121-2:2012 Safety of machinery—Risk assessment—Part 2:Practical guidance and
examples of methods

3 用語及び定義 terms and definitions

この規格で用いる用語及び定義は日本鍛圧機械工業会規格として定めた用語及び定義であり、ファイバーレーザ関連を含む以下の内容を適用する。

3.1 ファイバーレーザ加工機の構成 constitution of fiber laser processing machine

3.1.1 レーザ加工機 laser processing machine

レーザ発振器が組み込まれた機械及び装置で、十分なエネルギーやパワーで溶融、蒸発させることで材料を切断・溶接する機能と、安全性を備えた実用性のある機械及び装置。

3.1.2 レーザ発振器の種類 type of laser oscillator

金属加工分野で実用化されているレーザは、その媒質で分類すると気体レーザ、固体レーザ及び半導体レーザがある。

3.1.3 ファイバーレーザ加工機 fiber laser processing machine

光ファイバーケーブルでレーザビームを伝送する YAG レーザ、ディスクレーザ、ファイバーレーザ、半導体レーザ等のレーザ発振器を搭載したレーザ加工機をここではファイバーレーザ加工機と定義する。

3.1.4 ファイバーレーザ加工機の種類 type of fiber laser processing machine

ファイバーレーザー加工機は加工方法や用途に応じて主に次の種類がある。

3.1.4.1 2次元ファイバーレーザー加工機 2 dimensional fiber laser processing machine

2次元ファイバーレーザー加工機はX軸・Y軸・Z軸の移動システムをもった、光走査方式、材料移動方式、併用方式があり主として切断加工に用いる。何れの方式も加工ゾーンにおけるレーザービームが外部に漏れない構造である。

3.1.4.2 3次元ファイバーレーザー加工機 3 dimensional fiber laser processing machine

3次元ファイバーレーザー加工機とは2次元ファイバーレーザー加工機のX軸・Y軸・Z軸に追加して、加工ヘッドを傾けるためのA軸・B軸・C軸などの回転軸を持ち、立体形状も加工できるシステムである(図1)。多関節ロボットも3次元ファイバーレーザー加工機の一つである(図2)。切断だけでなく溶接加工できる3次元ファイバーレーザー加工機もある。

3.1.4.3 長尺対応ファイバーレーザー加工機 wide-range fiber laser processing machine

長大な加工エリアに対応する為、1本または2本のレール上を、レーザービームを放射するレーザートーチヘッドを含む加工機全体が走行するファイバーレーザー加工機。

3.1.4.4 複合機 punch and fiber laser processing combination machine

パンチプレス機に、レーザートーチを搭載したファイバーレーザー加工機。金型にて打ち抜き、成型加工を行い、切断長の長い外周トリミングなどをレーザーにて加工する。

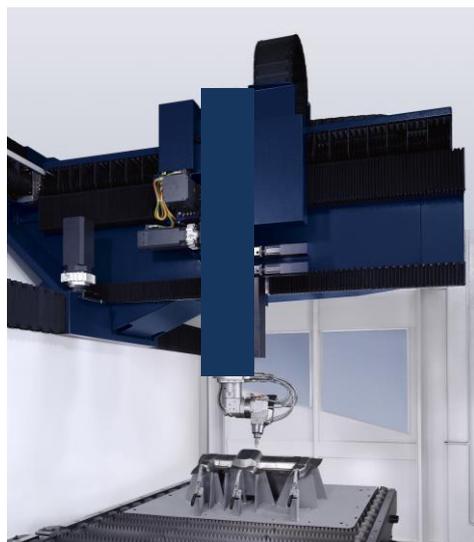


図1 3次元ファイバーレーザー加工機



図2 ロボット式3次元ファイバーレーザー加工機

3.1.5 ハンドヘルドファイバーレーザー加工機 hand-held fiber laser processing machine

ファイバーレーザー発振器と接続するレーザー加工機の中で、レーザービームを放射するレーザートーチ又は加工材料を、ユーザーが手動または携帯して加工する装置(図3)。主に溶接の用途で使用する。



図3 ハンドヘルドファイバーレーザー加工

3.2 ホールド・トゥ・ラン制御 **hold-to-run control**

手動制御器（アクチュエータ）を作動させている間に限り危険な機械機能の起動開始指令を出し、かつ維持する制御。

3.3 遮蔽空間 **confined space**

レーザービーム及び反射光を外部に漏らさない堅固な壁面で四方あるいは大部分を囲んだ作業領域。

3.4 アクセスが制御された場所 **location with controlled access**

レーザーの安全性や関連するシステムサービスに関して適切なトレーニングを受け、承認された人以外は危険源にアクセスしてはならない場所。

3.5 アクセスが制限された場所 **location with restricted access**

一般には危険源にアクセス可能ではないが、他の立会人やトレーニングされてない人がレーザー加工機の危険源にアクセスできないように防護柵や他の方法で隔離されている場所。

3.6 供給ユニット **supply unit**

プロセスエネルギーを提供し、材料供給、作用点にこれらのエネルギーを導く、ファイバーレーザー加工機の操作に必要な全ての装置（例えば冷却システム、電力及びガス）。

3.7 処理装置 **disposal unit**

ろ過（例えば、集塵装置及びパイプ、ろ過システム、換気システム）するためにこれらを通し、レーザー加工中の廃液と副産物を取り込んで除去する機器。

3.8 保守 **maintenance**

メーカーより提供される情報をもとに製品の意図する性能を保証することを目的にユーザーが実施する行為。

3.9 製造者・メーカー **manufacturer**

個人または組織でレーザー加工機を組み立てる。

3.10 改造 **modification**

元々の設計から異なる方法で材料加工ができ、あるいは元々の設計で想定されていた材料と異なる処理をできるか、あるいは機械の安全特性に影響を与える変更。

3.11 プロセスゾーン process zone

レーザビームが加工材料と相互に作用する領域。

3.12 生産 production

レーザ加工機が目的通りに使われる段階で下記の工程を含める。

- －部品や材料を加工するための搬入・搬出
- －レーザビーム単独あるいは他の工具と共に動作中の処理

3.13 サービス service

レーザ加工機を正常な状態で稼働させるために必要な調整を指す。メーカーのサービスマニュアルに記載された内容の実施であり、専門技術者が行う行為。

3.14 サブアセンブリ subassembly

ファイバーレーザ加工機の正常な動作のために必要な構成部品。

3.15 加工対象物 workpiece

加工される材料、すなわちレーザビームの対象。

3.16 被ばく放出限界 (AEL) accessible emission limit

各クラスで許される最大被ばく放出レベル。

3.17 最大許容露光量 (MPE) maximum permissible exposure

通常的环境のもとで、人体に照射しても有害な影響を与えないレーザ放射レベルの最大値。

3.18 個人保護具 (PPE) personnel protective equipment

直接若しくは間接のレーザビームから人体を保護する遮光メガネ、衣服、グローブ、マスクのような保護具。遮光メガネはレーザビームの波長に応じた種類がある。

3.19 公称眼障害区域 (NOHA) nominal ocular hazard area

ビーム放射照度又は放射露光が角膜上の最大許容露光量を超えている範囲内の区域。

3.20 公称眼障害距離 (NOHD) nominal ocular hazard distance

ビーム放射照度又は放射露光が角膜上の最大許容露光量に等しいところまでの距離。

3.21 ヒューム fume

切断又は溶断時の熱によって蒸発した物質が冷却されて、固体の微粒子となったもの。

3.22 ビーム伝送システム beam transmission system

レーザビーム伝送装置及びそれに付随する光学装置、保護囲いなどで構成されるすべてのシステムの組み合わせにより、ワークピースにレーザ発振器のレーザビームを伝送する。構成装置は、ビームガイド装置や保護囲いだけでなく、アパーチャー、反射鏡、ビームスイッチング、加工ヘッドまでを含むことがある。

3.23 光ファイバーケーブル optical fiber cable

光ファイバーケーブルの導光部分はレーザビームを伝送する透明な媒体である。ガラス製のレーザビームの光路となるコアとそれを取り囲むクラッドで構成され、更にポリマーや金属製の被覆で幾層に保護し、機械的変形や水の侵入などを防いでいる。

3.24 レーザ管理区域 laser controlled area

放射の危険から保護する目的で、区域内への立ち入り及び区域内での活動が管理監督下におかれる領域。

4 リスクアセスメントの実施とリスク低減

本規格で取り扱う要求事項は、製造される機械によって大きさ、速さ、エネルギー等の役割及び機能に違いまたは特徴があることから、一律に全ての危険源について規定しているものではない。このことから、適用する当該ファイバーレーザ加工機における個別のリスクは、実施されるリスクアセスメントにおいて適切な対応をしなければならない。

－リスクアセスメント及びリスク低減については、附属書 A 及び JIS B 9700 を参照のこと。

－この規定で取り扱うファイバーレーザ加工機に特有な危険源を 4.1 項、4.2 項及び 4.3 項に示す。

注記：本規格の適用にあたって、それぞれのファイバーレーザ加工機の危険源について将来発生する可能性のあらゆる危険源を含め同定し、同定したそれらの危険源に対してリスクアセスメントを実施し、当該機械でのリスクの大きさを導き、対応する方策により、リスクの除去または低減を図る必要がある。

4.1 レーザによる固有の危険源

メーカーはハンドヘルドレーザ加工機を含むファイバーレーザ加工機で使用されるレーザービームが CO₂ との波長の違いによる危険源を発生させることを考慮して設計しなければならない。

ファイバーレーザ加工機で用いられるレーザービームは直接光、反射光ともに角膜を抜け、網膜や視神経を破壊し、回復不可能な損傷を与える。メーカーは波長の違いによる危険源についてユーザーに周知する必要がある。

a) 放射による危険源として例えば以下の危険源がある。

- －直接または反射あるいは透過したレーザービームによる危険源
- －電離放射線によって生成された危険源
- －副次放射（紫外線、電磁波など）によって生成される危険源、たとえばフラッシュランプ、半導体レーザー
- －ビーム効果（二次放射の波長はビームとは異なる）による二次放射線のために生成される危険源

b) 材料と物質によって発生した危険源として例えば以下の危険源がある。

- －レーザ加工機に使用されているレーザー染料、溶剤、パーティクルガス等の生成物による危険源
- －ビームと材料（例えば、ヒューム、粒子、蒸気、破片）間の相互作用による、火災あるいは爆発に起因する危険源

- ーレーザーターゲットの相互作用のアシストに使われる付随ガス及びアシストすることにより生成される関連ガス（5.3.8 参照）やヒュームからの危険源。これらの危険源は爆発、火災、有毒作用、酸素欠乏を含む
- ー液体（例えば冷却液）の漏れによる危険源
- c) レーザ加工機デザインの人間工学的原則をおろそかにすることによって発生した危険源。
- d) レーザ装置から引き離すことができるレーザー加工機の光ファイバーケーブルの破損による危険源。

4.2 外部要因による危険源

レーザー加工機が動作する電力事情や環境により機器が誤動作を引き起こしたりする可能性がある。また、人が危険源ゾーン内に介在することを必要とする場合がある。

- a) 温度
- b) 湿度
- c) 外部衝撃・振動
- d) 蒸気、ほこり、あるいは周囲からのガス
- e) 電磁波、無線電波の干渉
- f) 落雷
- g) 電源電圧中断、変動
- h) 不十分なハードウェア・ソフトウェアの互換性及び整合性
- i) インタフェース仕様の不遵守（極限電力、制御信号を含む）

4.3 ハンドヘルドファイバーレーザー加工機の使用と関係する更なる危険源

ハンドヘルドファイバーレーザー加工機はレーザービームが外に漏れないようにオペレーターが遮蔽空間で作業をする事により以下の危険源が発生する。

- a) 室内空気の有害物質（ヒューム）の濃度
- b) 室内空気の加工ガス（窒素、アルゴン、酸素）の濃度増加
- c) 酸素欠乏
- d) 直接、また反射して拡散したレーザービームに曝される危険性
- e) つまづき及び衝突（衝撃）危険の増加

5 安全要求事項及び方策

ファイバーレーザー加工機は、この条項に規定された安全要求事項と方策を遵守しなければならない。また、国や地域の法規に定めている規定は本規格に優先して実施されなければならない。

注記 1：その他この条項に記載の無い危険源に対しては、JIS B 9700 の危険源に対しての要求事項を遵守すること。

注記 2：レーザー発振器は、JIS C 6802 の安全基準を遵守すること。

ファイバーレーザ加工機、ハンドヘルドファイバーレーザ加工機、複合機及び長尺対応のファイバーレーザ加工機（以下、ファイバレーザ加工機と表記する）は、以下により設計、製造しなければならない。

5.1 一般的要求事項

5.1.1 制御安全関連部の保護

制御システムの安全関連部の内、可変設定できる様に設計された安全関連部の設定部は作業者によって容易に設定を変更できない構造のものでなければならない。

注記：

- a) 安全関連部の適用には、ロータリカムスイッチ等の機械的設定機構及び安全関連部のソフトウェアパラメータ設定画面等のプログラムのパラメータの設定システムが該当する。
- b) 設定が容易に変更できない様にする方法としてスイッチ部分に鍵のかかる覆いを設ける等の措置を採らなければならない。電子式スイッチ、プログラムパラメータについても同様の措置が必要であり、その措置にはキーロック、暗証番号等が含まれる。

5.1.2 機械の電気装置

レーザ加工機の電気設備は、JIS B 9960-1の関連要求事項に従って設計・製造しなければならない。

5.1.3 電磁両立性（EMC）

電磁妨害（EMI）、無線周波数妨害（RFI）及び静電気放電（ESD）の影響による危険な機械アクチュエータの作動を防止するために、レーザ加工機は、EMC（電磁両立性）はJIS B 9960-1に適合させて設計・製造しなければならない。

更に、安全関連部については、JIS B 9704-1 の4.3.2.3 から4.3.2.7の要求事項に、タイプ4 の電氣的検知保護設備と同じく適合するように設計するのが望ましい。

放電加工機、溶接機、大電流容量の開閉器などに接近した場所にレーザ加工機を設置することが予見でき、耐ノイズ性の高い部品を使用する回路対策とは別にノイズ対策が必要となる場合は、適切な警告及び指示を使用上の情報に含めなければならない。ノイズ対策には、カバー、シールド、ノイズフィルタ及びサージアブソーバの使用があるが、これらに限らない。

5.1.4 高温保護

モータや抵抗器等、異常高温となって危険な状態を引き起こす可能性のあるレーザ加工機の構成品又は回路は、以下のいずれかによって保護しなければならない。

- a) 適切な応答性をもつ検出手段を設けて異常高温状態が発生しない設計とする。
- b) 高温となる箇所に直接接触することをガードによって防止する。

上記の保護方策によっても残留するリスクは、警告銘板の貼り付けなどによって警告しなければならない。

5.1.5 ソフトウェア安全要求事項

レーザ加工機の安全関連部に使用するソフトウェアは、この規格の要求事項に適合しており、障害発生時の挙動が許容できるよう、試験・評価し、証明しなければならない。

5.1.6 意図しない起動の防止

レーザ加工機は、外部の信号によって装置が起動することが選択された場合を除き、意図しない装置の起動を防止するために、所定の起動（操作）装置以外のスイッチ操作で装置が作動してはならない。

5.1.7 予期しない圧力の防止

レーザ加工機の空・油圧システムは、JIS B 8361及びJIS B 8370の関連要求事項に従って設計・製造しなければならない。

5.1.8 ガス供給

ファイバーレーザ加工機に、加工用ガス等のガスが供給される場合、それは人体を危険にさらすことを防ぐように、適切に設計されていなければならない。

5.1.9 液状媒質の供給

ファイバーレーザ加工機に冷却用液体媒質等の液体媒質が供給される場合、運転中断、作業区域でのスリップの危険等、液体媒質を介した危険は適切な設計手段により防止されなければならない。

5.2 レーザ放射危険源に対する保護

5.2.1 全般

全てのファイバーレーザ加工機はアクセス制限あるいは制御に関係なく、以下が適用される。

- －ファイバーレーザ加工機は、クラス 1 の AEL を超えるレーザ放射（反射光などの迷走レーザを含む）に対する人体への被ばくを防止する為、保護きょう体を備えなければならない。
- －どうしても人の存在が避けられない場合、機械の動作、ビーム方向や停止を直接コントロールする方法が装備されなければならない（5.3.5 参照）。
- －保護装置例えばシャッター、ガード、ビーム散逸器、停止・遮断装置の設計は、信頼性のあるものにしなければならない。JIS B 9700 を考慮して設計しなければならない。

5.2.1.1 アクセスが非制限あるいは非制御の場所で稼働している場合

作業員や他の人がクラス 1 の被ばく放出限界（AEL）のレーザ放射レベルを超えて晒される可能性がある製造過程は排除されなければならない。直視が許されない AEL を超える放出へのアクセスは、排除されなければならない。

これらの要求事項を満たすためには、次の条件を満たさなければならない。

- －許可されていない人の危険区域へのアクセスは JIS B 9700 及び JIS C 6802 に規定されているように技術的方策により防止されなければならない。

5.2.1.2 アクセスが制限あるいは制御されている場所で稼働している場合

人が最大許容露光量（MPE）の露光限界 $3 \times 10^4 \text{s}$ を超えて晒される可能性がある生産状態（異常がある場合も）は排除されなければならない。この要求事項を満たすためには、以下の条件を満たさなければならない。

- －許可されていない人の危険区域へのアクセスは JIS B 9700 及び JIS C 6802 に規定されているように技術的方策により防止されなければならない。

- －レーザー放射に対する人体の被ばく状態を予防するための保護きょう体を備えていなければならない。
- －アクセスが防止できない場合、接眼 MPE を超える被ばくを排除するため個人保護具 (PPE) を含む管理的制御等の手段を危険情報として提供しなければならない。

5.2.2 生産中の保護

生産中の危険区域は、どのタイプの保護装置（局所的保護装置または周辺保護装置）で保護されているか取扱説明書等で表示しなければならない。

注記 1：生産中のオペレーターへの保護方策として、加工機の駆動部や加工対象物の全てを保護囲いで覆う方法が挙げられるが、メーカー独自の技術とそれに伴うリスクアセスメントの結果によりレーザー照射部周辺の小さいエリアの保護でオペレーターの安全を確立することも可能である。

注記 2：保護の方策はいくつかの要因によって異なり、その要因毎にリスクアセスメントを実施しその結果を基に方策を実施しなければならない。

(例)

- －加工対象物に対してのビーム伝播方向（2次元加工機か3次元加工機かの違い）
- －加工機で実施する内容（溶接、切断等）
- －加工対象物の形状と材質
- －加工対象物の支持物
- －プロセスゾーンの可視性

5.2.3 サービス中の保護

サービス作業において、人が AEL クラス 1 を超えるレーザー放射へのアクセスを時には避けられない場合がある。従って機械は以下の 4 つの状況に関して適切な安全方策が施された設計にしなければならない。以下の優先順位にて方策を決めなければならない。

- a) サービスは危険区域外で行なわなければならない。
- b) サービスが危険区域内で行われる時は、生産工程と同じようにアクセスが制御されなければならない。
- c) サービスが危険区域内で行われるが（例えば、生産工程では通常閉じているガードが開いた状態）、アクセス可能なレーザー放射 AEL クラス 1 を超えてはならない。
- d) サービスが危険区域で行われる時、例えばガードを開いた状態（通常生産中は閉じた状態）にする必要がある。この場合アクセス可能なレーザー放射は AEL クラス 1 を超えている。製造者はアクセス可能なレーザー放射のクラスとそれぞれの状況に推奨される安全手順を示さなければならない。

サービス手順の中、人が AEL クラス 1 を超えるレーザー放射へのアクセスを時には避けられない場合、サービスマンは個人用保護具を装備し、他者がレーザー管理区域内に立ち入らないように制限しなければならない。

5.2.4 ティーチング、プログラミングやプログラム検証中の保護

ティーチング、パスプログラミングやプログラム検証中に、AEL クラス 1 を超えるレーザ放射に対して人のアクセスを防ぐべきである。この条件を満たすことができない場合は、サービス作業時と同じ要求事項が適用されなければならない。5.3.5 も参照のこと。

5.3 制御方法と回路

制御方法と回路は JIS B 9960-1 に適合しなければならない。制御システムの設計は JIS B 9705-1 を遵守しなければならない。

注記：パフォーマンスレベルで評価し、妥当性を確認すること。制御システムが持つパフォーマンスレベル PL が実際に要求パフォーマンスレベル PLr に対して満足していること。附属書 A を参照のこと。

5.3.1 起動・停止制御

1 つのファイバーレーザ発振器が、互いに独立して操作できる複数のファイバーレーザ加工機に使用されている場合、起動・停止制御は、それぞれのファイバーレーザ加工機に対し独立していなければならない。

ファイバーレーザ加工機の停止制御（作動装置スイッチを切る）は、送り運動用モータドライブやビーム伝搬及び成形システム（ビーム伝送）を停止させ、レーザビームを遮断するかレーザビームの発振を止めるかしてファイバーレーザ加工機を停止させなければならない。

5.3.2 非常停止制御

5.3.2.1 一般的要求事項

- 一般的要求事項として、非常停止制御は以下の要求事項を満たさなければならない。
- －非常停止制御は JIS B 9960-1 に示される停止カテゴリ 0 または 1 を適用しなければならない。
- －危険源の大きさに対応し、JIS B 9705-1 の規定される要求パフォーマンスレベル（PLr）を達成しなければならない。
- －非常停止スイッチは、操作ステーション毎に設置しなければならない。
- －非常停止装置には JIS B 9703 を適用しなければならない。

5.3.2.2 ファイバーレーザ加工機の要求事項

非常停止制御は、次の要求事項を満たさなければならない。

- －レーザビームの発振を無効にし、自動的にレーザビーム停止状態にしなければならない。
- －アクチュエータへの動力を緊急遮断に必要な時間内に遮断しなければならない
- －同時に緊急遮断に影響する加工用のガス及び液体の供給を遮断する。
- －レーザ電源供給を遮断し、蓄積エネルギーを放電しなければならない。

1 つのレーザデバイスが複数の個別に作動する機械に使用される場合、どれか 1 台の機械に搭載された非常停止制御が上記のように作動するか、または以下の要求事項を満たさなければならない。

- －関連する機械を無効にする（例えば作動装置の電源オフ）。
- －関連する機械へのレーザビーム光路を遮断。

5.3.3 予期しない起動の防止

予期しない起動については、停止維持機能毎に JIS B 9714 に示される停止維持レベルを決定し適用しなければならない。

5.3.4 インタロックとガード制御

ガードが (JIS B 9700 に準拠) 開くかあるいははずれている時、またはガードインタロックが無効の時、機械の自動操作は使用できないシステムとしなければならない。

もし機械の設計が一つあるいはそれ以上のガードを開き (通常生産時は閉じ)、機械の作動装置への電源供給を行った状態で、サービス等の臨時の処置実施が求められるのであれば、そのとき特定の動作モードでガードを無効化できるようにしなければならない。

この特定の動作モードの選択をするには、以下を満たさなければならない。

- ーロック可能なモードセレクトタによらなければならない
- ーレーザビームを遮断しなければならない。
- ーレーザ加工機の自動運転を防止しなければならない (JIS B 9714 を参照)。

注記：ロック可能なモードセレクトタとして、キー操作スイッチを使用する方法がある。除外可能なアクセスパネルの安全インタロック (無効にできる安全インタロック) で個別の意図的なインタロック無効化機構は、JIS C 6802 の要求事項を満たさなければならない。

選択した動作モードは明確に示されなければならない。この動作モードを選択した後は、サービス手順のビーム遮断を無効に出来る。

インタロック装置は JIS B 9710 に適合しなければならない。

5.3.5 レーザビームの遮断規定

レーザビームの遮断は、レーザビームがビーム伝送システムに入らないように、レーザビームをブロックするか、逸らせることにより、達成されなければならない。

上記の達成手段は以下による。

- a) ビームの遮断はレーザ装置の中もしくは直ぐ外側に配された二重安全機構レーザビーム停止装置として、シャッター又は電源遮断のためのハード回路を使って実現しなければならない。
 - ークラス 3B 及びクラス 4 のレーザシステムは、1 つ以上の永久的に取り付けられた減衰手段としてのシャッターを組み込むこと。
 - ーシャッターを組み込まない場合は電源遮断とし、安全カバーをすべて閉じた状態でのファイバーレーザ加工機外部へのレーザビーム放出が、クラス 1 以下を実現すること。
- b) レーザビーム停止の場合、シャッターが閉鎖位置にあること、または電源遮断されていることを表示しなければならない。
- c) レーザビーム停止状態を維持するために容易にアクセス可能な方法が提供されなければならない。
- d) レーザビーム停止状態を容易に解除できない様にしなければならない。

注記：この手段としてキー操作スイッチを使う方法がある。
- e) 以下の場合、追加のレーザビーム停止方法を提供しなければならない。

保守区域がビーム光路（ビーム伝送システム）に存在する場合、1つのレーザ装置が複数のビーム光路に供給する場合、レーザビームが他の光路の一つに流れて、人の介在が必要な場合等。

5.3.6 放射警報装置

ファイバーレーザ加工機は、以下の放射警報装置を備えていなければならない。

ーレーザ準備完了表示器:

ファイバーレーザ加工機は、視覚的なレーザ準備完了表示器を備えなければならない。

ーレーザ放射の表示装置

ファイバーレーザ加工機は、レーザ準備完了表示器に加え、光学的及び音響的な表示装置またはいずれかの一方により、クラス 3R 以上のレーザビーム放射を表示しなければならない

その警報装置は、人体の目の保護を警告する場合、明瞭に視認できなければならない（レーザ保護メガネを介しても明確に見えること）。

5.3.7 人が危険区域内にいる時の保護装置

サービス、保守点検等において危険区域内に人が立ち入る必要がある場合は、機械は危険区域内の人によって機械の動作、レーザビーム放射を制御できなければならない。保護装置には、以下の要求事項を満たさなければならない。

- a) デバイスはホールド・トゥ・ラン機能を持ち、肉眼での直視が許されない AEL を超える放射放射が発生する時は、アクセスを防止するか、JIS B 9960-1 に規定された他の制御方法を備えなければならない。
- b) このデバイスの制御の下に置かれた時、全ての機械の動き、レーザビーム放射をこのデバイスからのみ制御可能としなければならない。
- c) 危険区域にはドアを通過して入ることができるが、レーザビーム放射の開始はそれらのドアを閉じた後でないとできないようにしなければならない。

注記：JIS B 9700 を参照のこと。

5.3.8 材料や物質によって生成される危険源への保護

メーカーは顧客やユーザーに対し、ファイバーレーザ加工機で加工する材料によりヒュームや粒子状物質の危険源が発生することを情報として提供しなければならない。金属を加工するときは、有害副産物（例えばアレルギー、毒性、発癌性）を発生させる。メーカーはこれらの材料のヒュームや粒子状物質による健康被害を防ぐため、防護あるいはフィルター付呼吸マスク等による適切な保護方策を提示しなければならない。以下にヒュームに関してユーザーに提示すべき最低限の要求事項を挙げる。

- a) メーカーは、ユーザーへ加工時に発生するヒュームや粒子状物質の除去・処置に関してユーザーの責任であることを通知しなければならない。また、ヒュームや粒子状物質の除去・処置は国、地域あるいは地方の規制を満たさなくてはならず、適切な機関に相談するように通知しなければならない。

- b) メーカーは、ユーザーへ加工する素材について、どのような副産物があるかを知り、健康へのリスクを評価し、どのような注意や保護対策が必要か判断し、オペレーターにリスク及び予防方策の実施をしなければならないことを通知しなければならない。
- c) レーザ加工の相互作用をアシストするために使用される関連のガス（酸素など）で生成されるヒュームに注意を払わなくてはならない。関連の危険源には、爆発、火災、毒作用、過剰酸素、酸素不足などがあることを通知しなければならない。

追加情報は附属書 B に示す。

注記：ヒュームと浮遊粒子状物質の安全な除去と処分は、国、地域の限界値に準じて顧客・ユーザーの責任で実施する。

5.4 ビーム伝送システム

ビーム伝送システムを介し、外部レーザ装置に接続されているファイバーレーザ加工機の場合、ファイバーレーザ加工機とビーム伝送システムとの接続部は、特定の要求事項に従わなければならない。

この接続部は、ビーム伝送システム及びファイバーレーザ加工機が次の点において適合するように設計されていなければならない。

5.4.1 光学要素

ビーム伝送用光ファイバーケーブルの折損、伝送損失の増大、レーザビームの外部漏えいを防止するために、以下の要求事項を満足しなければならない。

- a) ビーム伝送用光ファイバーケーブルは、適切なものを選定しなければならない。
- b) ビーム伝送用光ファイバーケーブルは、許容曲げ半径を厳守して使用しなければならない。

5.4.2 機械的要素

ファイバーレーザ加工機は、以下のいずれかの要求事項を満たさなければならない。

- a) 外部漏えいを検出してレーザ放射を遮断できるシステムを備えること。
- b) 外部漏えいしたレーザビームを、ビーム伝送システムの外には漏らさない保護囲いを備えること。

5.4.3 接続解除時の保護

ビーム伝送システムは、危険なレーザ放射へのアクセスを防ぐために、ファイバーなどのビーム伝送システムの接続を解除するためには工具を必要とするか、またはインタロックがされていなければならない。適切な技術的手段により、ビーム伝送システムからレーザ放射が確実に遮断出来る様にしなければならない。

注記：遮断する方法としては、ファイバーの接続解除を検出して遮断する方法がある。

5.5 ハンドヘルドファイバーレーザ加工機的设计要求事項

5.5.1 設計

ハンドヘルドファイバーレーザ加工機は、手に持って作業をすることから、設計は、人間工学の原則に従って行わなければならない。

5.5.2 生産中の保護

5.5.2.1 MPE レベル

ハンドヘルドファイバーレーザー加工機では主要な危険区域は通常プロセスゾーンであるが、危険区域はリスクアセスメントの結果として定義されなければならない。JIS C 6802 に規定されている公称眼障害区域 NOHA (nominal ocular hazard area) または容積空間において、レーザー放射が MPE を越える場合は、危険区域において、作業者の人体ばく露は、 3×10^4 s の間にレーザー放射レベルが MPE を超えないように個人保護具を含む技術的又は管理的方策を立てなければならない。

5.5.2.2 保護具

ハンドヘルドファイバーレーザー加工機では、目及び皮膚を直接光及び反射光から保護する必要があるため、ヘルメットタイプ相当品を着用する必要がある。このことから、作業者が保護具を装着しているか確認できる機能など、技術的方策により保護する付属品としてメーカーが準備しなければならない。

5.5.2.3 レーザビーム放射の制限

ハンドヘルドファイバーレーザー加工機のレーザー放射は、ハンドヘルドトーチ先端と加工対象物が、レーザービームの放射ができる位置関係にあるかを確認する機能などの方策により制限しなければならない。

5.5.3 サービス中の保護

ハンドヘルドファイバーレーザー加工機のサービス作業を行う場合、レーザー機器のスイッチを切らなければならない。調整作業等のために、これが可能でない場合には、公称眼障害区域 (NOHA) が確立されなければならない。

5.5.4 制御装置の認可

ビーム伝送システムにより、外部のレーザー装置に接続されているハンドヘルドファイバーレーザー加工機については、権限のない者による操作を防止する技術的な装置 (例えば、キーで作動するスイッチ) がハンドヘルドファイバーレーザー加工機、またはハンドヘルドファイバーレーザー加工機の直近に備えられていなければならない。

5.5.5 放射警報装置

ハンドヘルドファイバーレーザー加工機は、5.3.6 に示した放射警報装置が作業者の視野の範囲内に備えられていなければならない。

5.5.6 アライメントレーザー

アライメント用レーザーのビーム出力は、ビーム出口でクラス 2 の AEL 値を超えてはならない。アライメント用レーザーと加工用レーザーが交わる位置は規定された位置になければならない。

5.5.7 走査レーザー放射用安全装置

走査レーザー放射がクラス 1 の AEL 値を超えることがある区域は、公称眼障害区域と指定しなければならない。

最低必要な性能としては、意図したビームスキャン角を超えようとした場合、レーザーシャッターが閉じなければならない。

注記：ハンドヘルドファイバーレーザー加工機で、レーザーがビーム出口の開口部とターゲットの間を自由に通り、包囲されていない場合、ビームの伝搬は、自由度（またはビームの横切る立体角）に関し、通常の作動に必要な程度に制限されるべきである。これはソフトウェアまたはハードウェアベースで実施してよい。この自由度は、ビームの伝搬を特定の空間的方向で抑制する装置（ビーム出口付近のシールド、レーザーガード）によっても制限されるべきである。

5.5.8 非常停止制御

非常停止スイッチはハンドヘルドファイバーレーザー加工機のユーザーの直近になければならない。

ハンドヘルドファイバーレーザー加工機が外部のレーザー装置にビーム伝送システム及び非常停止（装置）を介して接続されている場合、予期せぬ起動は JIS B 9714 に適合して防止されなければならない。

5.5.9 制御システム

5.5.9.1 起動・停止制御

1 つのレーザー装置が、互いに独立して操作できる、複数のハンドヘルドファイバーレーザー加工機に使用されている場合、起動・停止制御は、それぞれのハンドヘルドファイバーレーザー加工機に対し、独立していなければならない。及びハンドヘルドファイバーレーザー加工機の起動・停止制御は、以下の要求事項を満たさなければならない。

a) 起動・停止制御は、ホールド・トゥ・ラン制御でなければならない。

注記：ホールド・トゥ・ラン制御については、JIS B 9700 による。

b) ハンドヘルドファイバーレーザー加工機は、それが作動している時のみレーザー放射運転を維持するよう設計された自動リセット機能付き制御装置を備えなければならない。作動を解除された時、本機は自動的に被ばくレーザー放射をクラス 2 の AEL 値以下のレベルまで下げなければならない。

c) ハンドヘルドファイバーレーザー加工機の制御装置は、起動時及び運転中にレーザービームの放射を監視し、表示しなければならない。

d) レーザー停止制御は、シャッター等でレーザービームを遮断するか、レーザービームの発生を停止させなければならない。

e) 手動のガイドまたは位置決めができるように一部が機械式になっているハンドヘルドファイバーレーザー加工機の場合、停止制御は、送り運動用モータドライブやビーム伝搬及び成形システム（ビーム伝送）を停止させなければならない。

g) 危険区域内での使用者の作業用に設計された送り装置を備えたハンドヘルドファイバーレーザー加工機の場合は、送り運動をモニタする装置を備えなければならない。

5.5.9.2 制御及び運転装置

ビーム伝送システムを介し、外部レーザー装置に接続されており、レーザー装置から 2m 以上離れているか、またはユーザーが容易に近づけないハンドヘルドファイバーレーザー加工機の場合は、制御及び運転の要素はハンドヘルドファイバーレーザー加工機に一体で組み込まれていなければならない。

それが出来ない場合は、その制御装置は、ハンドヘルドファイバーレーザー加工機または使用者の直近に置くことが望ましい。

一体化される主要な制御要素に関連する最小限の要求事項は、非常停止制御について 5.3.2、レーザービームの遮断規定について 5.3.5 を参照する事。

注記 1：通常の使用時にビーム伝搬区域に片手が届く場合は、労働安全上の理由から両手操作の制御装置の使用が望ましい (JIS B 9712 に準拠)。フットスイッチの使用は例外的なケースにのみ推奨される。その場合、誤って作動しないよう防護しなくてはならない。

注記 2：使用者の間近に置く方法としては、使用者の装着ユニット内に設置する例がある。

5.6 複合機及び長尺対応のファイバーレーザー加工機の安全要求事項

複合機及び長尺対応のファイバーレーザー加工機についての安全要求事項は、ファイバーレーザー加工機及びハンドヘルドファイバーレーザー加工機で記述されている安全要求事項に含まれており、適用する要求を組み合わせた方策により実施しなければならない。

6 安全要求事項及び方策の確認

6.1 ファイバーレーザー加工機の確認

ファイバーレーザー加工機の安全性を確保した上で、実施された安全方策を以下について検証し、検証結果を文書として保存しなければならない。

- －保護装置と制御装置の設置に関する本規格への適合性は目視検査で確認されるものでなければならない。
- －レーザー放射レベルの検証手続きは JIS C 6802 の 9 章に準拠しなければならない。
- －ハンドヘルドファイバーレーザー加工機及び特定の使用次第では、一定期間の使用後再発性の試験を実施しなければならない場合がある。

6.2 リスク評価の確認

リスクアセスメントによって対応する保護方策が実施され、その妥当性を確認しなければならない。また、制御システムが含まれた安全方策については、制御システム安全関連部の安全性について、妥当性を確認しなければならない。

6.3 レーザ分類

該当する安全要求事項を明確にするために、ファイバーレーザー加工機について、操作説明書で規定されたレーザー機器との組合せで、クラスを分類されなければならない。

- a) 分類は、アクセス可能なレーザー放射（出力電力と波長に依存）がもたらす最高のクラスが選択されなければならない。
- b) 分類は、ファイバーレーザー加工機の以下の作動状態にて行われなければならない。
 - －正常な使用
 - －保守・サービス
 - －機能不全・不良
- c) ファイバーレーザー加工機の分類及び分類手順は、JIS C 6802 の要求事項に従って行われなければならない。

7 ユーザーへの情報

メーカーは、ユーザーへの安全関連のトレーニングや講習、また取扱説明書及びオペレーターマニュアルにより、ユーザーに対し潜在的な危険源の情報を提供しなければならない。但し、ここで挙げる項目は一般的なファイバーレーザー加工機及びハンドヘルドファイバーレーザー加工機における要求事項であり、メーカー毎の加工機の仕様による固有の危険源がある場合は、その情報をユーザーへ提供しなければならない。

7.1 一般的要求事項

JIS B 9700、JIS B 9960-1、JIS C 6802 及び ISO 11252 の要求事項に加えて、次の要求事項を満たさなければならない。

- a) メーカーは適切な安全関連のドキュメントやデータ、正しい保守を含むサービス手順を顧客やユーザーに提供しなければならない。
- b) メーカーは安全に関連した適切なトレーニングをユーザーに提供しなければならない。
- c) メーカーはユーザー取扱説明書あるいはオペレーターマニュアルに目立つように警告文を掲載し、既知の潜在的な危険源をユーザーに周知徹底しなければならない。
- d) メーカーは、レーザー機器及びビーム伝送システム（例えばレーザー機器の最大出力、光ファイバー仕様）のインタフェース及び必要な仕様の情報をユーザーに提供しなければならない。

注記：このメーカーにはレーザー発振器を持たない（但しビーム伝送システムを介して外部レーザー機器に接続される）ファイバーレーザー加工機のメーカーも含まれる。

- e) メーカーは、関連する安全関連のドキュメンテーション及び正常使用、予測可能な誤使用、正しい保守や故障の場合に講じられる処置に加えて整備手順の情報も含むそれぞれのデータをユーザーに提供しなければならない。
- f) メーカーは、ファイバーレーザー加工機の安全な使用に関しての責務をユーザーに通知し、安全情報を提供しなければならない。これは次の領域を含む。

- －レーザー放射からの保護としてレーザーパワーと波長に的確な保護眼鏡の着用
- －溶接作業時における熱放射、紫外線、可視光に対し適切な保護眼鏡（溶接マスク）の着用
- －熱い材料あるいはスラグ粒子からの保護
- －危険源物からの保護
- －さらなる危険源からの保護

注記：安全情報は JIS C 6802 レーザ製品の安全基準を参照。

7.2 ユーザーに対しての安全要求事項

ユーザーに対し、ファイバーレーザー加工機を安全に使用する上でユーザーが遵守すべき安全要求事項を通知しなければならない。

- a) 一般的要求事項
 - －ファイバーレーザー加工機管理者の選任
 - －作業員への安全教育（ファイバーレーザー加工機の取り扱い方法を含む）
 - －加工機から 5m 以内の範囲の可燃物、火気の厳禁

- －加工時の集塵機の運転
- b) 職場内で安全ルールの遵守
 - －ファイバーレーザー加工機の運転及び保守点検作業
 - －保護具や保護眼鏡の着用
- c) 事業主の責務
 - －安全衛生教育の実施
 - －レーザー機器管理者の選任
- d) ヒュームに関する情報
 - －ヒュームの管理
 - －ヒュームによる健康被害

注記：ヒュームに関する情報は附属書 D を参照のこと。

- e) 電気工事に関する要求事項

電源を入れた状態で、又は電源を切った直後に帯電中のレーザー発振器の扉を開け、高電圧部に触れると、感電して火傷や死亡に至る場合がある。又、高電圧電源がオフになっていても、コンデンサ等の一部が帯電していることがある。従って、電気工事に関する有資格者がメンテナンス作業に携わらなければならない。

7.3 高電圧に関する情報

ファイバーレーザー加工機内では電源制御装置やレーザー発振器の本体で高電圧を使用している部分があることを通知しなければならない。

7.4 ハンドヘルドファイバーレーザー加工機に関する情報

ハンドヘルドファイバーレーザー加工機用のハンドリングシステムはさらに潜在的な危険源を構成する。最低要求事項として、関連する安全規則と同様に 4 章で挙げた特殊な危険源（例えば、火災危険源の増加、閉じ込められたスペースにおける使用時）の情報をトレーニングや講習、また取扱説明書等により提供しなければならない。

8 表示及び標識

ファイバーレーザー加工機は必要な全ての表示を備えていなければならない。

- a) ファイバーレーザー加工機メーカーの名前及び住所
- b) 製造年月日
- c) シリーズ又は機械の種類（該当する場合）
- d) シリアル番号（ある場合）
- e) ファイバーレーザー加工機のスペック（以下に例を示す）
 - －レーザー出力
 - －レーザークラス
 - －ワークの最大積載可能重量及びサイズ
 - －可動範囲

8.1 警告銘板

ファイバーレーザー加工機の仕様により発生する危険源については警告銘板で示さなければならない。

- a) ファイバーレーザー加工機及びハンドヘルドレーザー加工機は、JIS C 6802 の 5 章で規定されている銘板を付けなければならない。

注記：銘板の様式例は付属書 E 及び付属書 F に示す。

－危険シンボル

レーザービームの放射する箇所を示すシンボルマーク

－説明銘板

クラス 3B を超えるレーザー製品には直接光のほか、散乱光も危険であることを記載する。放射されるレーザービームが 400nm～700nm の波長範囲から外れている場合には、不可視レーザー放射と表記する。

－開口銘板

開口部付近にレーザービームが放射される出口であることを警告する銘板を貼り付けること。

－アクセスパネルに対する銘板

保護きょう体のパネル及び保護囲い等の各アクセスパネルを外した場合に作業者がレーザービームに曝される危険がある場合に貼り付けること。

－セーフティインタロックパネルに対する銘板

セーフティインタロックを容易に解除でき、それにより作業者がレーザービームに曝される危険がある場合は、適切な銘板を各セーフティインタロックとはっきり関連付けておかなければならない。またインタロックを解除する前及び解除している間（保守作業中等）は見えていなければならない。

－LED 放射に対する警告

LED からの放射に対しては銘板の語句「レーザー」は「LED」と置き換える事。

- b) JIS C 6802 によって必要とされるレーザー放射に対する表示及び標識に加えて、ファイバーレーザー加工機は、標準的な機能やメーカー毎の加工機の仕様による固有の危険源（機械的な危険源、粉塵や有毒ガス発生による危険源、高電圧による危険源、熱的危険源等）を適切な警告銘板により危険源を警告し示さなければならない。
- c) 表示、標識及び警告文は、それらが示す機械の機械部分について直ちに理解でき、且つ曖昧であってはならない。
- d) 警告文はその機械をまず使用する国の言語で最初書き、要求があれば作業者が理解できる言語で書かなければならない。
- e) 銘板の大きさ及び位置は、危険源地帯の外からよく分るようにしなければならない。
- f) 警告銘板や標識、及び機械に直接印字される情報は、恒久的で、且つその機械で予期される寿命を通じて判読可能でなければならない。
- g) 表示や銘板の色、大きさ及び印刷スタイルは JIS B 6012-2、JIS Z 9101、ISO 3864-2、ISO 3864-3 及び ISO 7000 の要求事項に応じたものでなければならない。

附属書 A

(参考)

リスクアセスメントの実施とリスク低減

製造者が安全性の高い機械設備をユーザーに提供する事を目的に、機械設備に潜在する危険源を同定し、論理的な手順を踏みながら客観的にリスクを評価するリスクアセスメントの実施から導くリスク低減のための保護方策、及び残留するリスクに対応する使用上の情報の提供は機械安全の根幹とするところである。また、リスクアセスメントは危険源を同定してリスクの大きさを評価するための手法であり、この手法を活用して、設計者のリスク低減に関する考え方が明確になると同時に、リスク低減のプロセス及び残留リスクを、記録として残すことが求められ、その責務を負うものである。

A.1 リスクアセスメント及びリスク低減の実施と機械安全への過程

1. リスクアセスメントの実施

リスクアセスメントの手順は、以下の項目に沿って実施する。

- (1) 意図する使用及び合理的に予見可能な機械の誤使用を含む機械類の制限を決定する。
- (2) 危険源及び危険な関連状況を同定する。
- (3) 同定した各危険源及び危険な状況のリスクを見積る。
- (4) リスクを評価し、リスク低減に対する必要性を決定する。

2. リスクの低減の実施

保護方策によって危険源を除去する又は危険源に付随するリスクを低減する。

保護方策は次の優先順位に従って適用する。

- (1) 本質的安全設計方策
- (2) 安全防護及び付加保護方策
- (3) 使用上の情報

3. リスクアセスメント、及びリスク低減の文書化

- (1) リスクアセスメント、及びリスク低減方策を実施結果に基づき帳票に記載する。
- (2) 上記のリスク低減方策を実施結果において「機械ユーザーが実施する保護方策」が必要な項目に関し、残留リスクマップ、及び残留リスク一覧をユーザーへ提供する文書として作成する

4. ユーザーへの提供と保管

- (1) リスクアセスメントから導いた保護方策及び使用上の情報について、適切な方法でユーザーへ提供する。特に残留リスクマップ、及び残留リスク一覧については機械の譲渡または貸与する前にユーザーへの提供と説明する。
- (2) リスクアセスメント実施帳票、残留リスクマップ、及び残留リスク一覧として作成された帳票は少なくとも機械の耐用年数を考慮された年数保管する。

A.2 リスクアセスメントにおける危険源の同定

機械、装置のすべての危険源を同定するために、リスクアセスメントの実施にあたっては次の項目について考慮する必要がある。

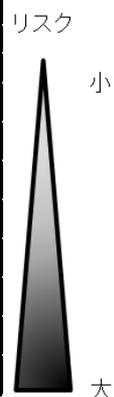
1. 設定、調整、段取り、掃除、保守及び修理を含む機械、装置の意図する運転
2. 予期しない起動
3. すべての方向からの要員のアクセス
4. 無資格者及び未熟練者の使用
5. 合理的に予見可能な誤使用
6. 制御システム及び構成品の故障の影響
7. 運搬、据付及び立ち上げの局面
8. 使用停止及び廃棄の局面
9. 特定の用途または運用方法に関連した危険源

A.3 リスクインデックス (RI) と要求される制御システムのパフォーマンスレベル (PLr)

ISO/TR 14121-2 及び ISO 13849-1 で示されるリスクグラフを基に下表 (表 A.1) のパラメータを設定し、リスクインデックス (1~6 レベル) 及び、要求されるパフォーマンスレベル (a~e レベル) を導かれる。

表 A.1 RI 及び PLr を導く手法 (リスクグラフ法からの事例)

ISO/TR14121-2:2012(2007も同一)のリスクグラフ法でのリスクパラメータ			ISO13849-1 制御システム使用時の 制御方策レベル			
ISO13849-1 のリスクパラメータ			O1-O3:危険事象の発生確率 (設計開始時はO3とする)			
危害の程度	暴露頻度	回避可能性	O1	O2	O3	PLr又はPL
S1:軽度	F1:稀	A1:可能	1	1	2	a
		A2:不可能	1	1	2	b
	F2:頻繁	A1:可能	1	1	2	b
		A2:不可能	1	2	2	c
S2:重度	F1:稀	A1:可能	2	2	3	c
		A2:不可能	2	3	4	d
	F2:頻繁	A1:可能	3	4	5	d
		A2:不可能	4	5	6	e



A.4 リスク低減に含まれる制御システムのパフォーマンスレベル (PL) の評価

前項で決定したリスクインデックスに対応するリスク低減を策定するとともに、そのリスク低減方策の安全関連部に制御システムが含まれる場合は安全機能を実行するために前項で導き出された要求される制御システムのパフォーマンスレベル (PLr) を技術的に達成させることの出来るパフォーマンスレベル (PL) の実現が必要である。

安全機能の技術的実現性における制御システムのパフォーマンスレベル (PL) の判定は次の4つのパラメータ、即ちカテゴリ (Category)、MTTFd (Mean Time To Dangerous Failure)、DCavg (Average Diagnostic Coverage)、CCF (Common Cause Failure) を見積り PL が PL 以上 (PL ≥ PLr) であることを評価し、その妥当性を確認することにより決定される。

上記、4つのパラメータを求めることによって下表（表 A.2）から判定することが出来る。

表 A.2 パフォーマンスレベル (PL) の判定

パフォーマンスレベル(PL)	a							
	b							
	c							
	d							
	e							
カテゴリ	B	1	2	2	3	3	4	
自己診断率 DCavg	無	無	低	中	低	中	高	

各チャンネルのMTTFd(危険側故障の平均確率)

低
 中
 高

ただし、制御システム全体の安全機能がある共通の原因によって損なわれることが無い様に考慮されているか、という設計的な信頼性の指標とする CCF のチェックリストによるスコアが 65 点以上であること、また安全関連部にソフトウェアが含まれている場合は JIS B 9705-1 に規定するソフトウェア開発プロセスへの検証及び妥当性確認活動を伴う安全ライフサイクル V モデルの採用、その他の設計、試験、妥当性評価等を適用する必要がある。

附属書 B (参考) 潜在的危険源

B.1 副産物事例

B.1.1 全般

レーザを用いた材料加工による一般的な副産物のいくつかの例を次に示す。これらの例については情報であり、包括的ではない。

B.1.2 セラミック加工

酸化アルミニウム（アルミナ）、マグネシウム、カルシウム、シリコン、ベリリウム酸化物（強毒性）。

B.1.3 シリコン加工

空気中のSiとSiOの破片（吸込むと珪肺症を引き起こす）。

B.1.4 金属機械加工

医学的見地から、少なくとも以下の金属やその化合物が関係する。

Mn（マンガン）、Cr（クロム）、Ni（ニッケル）、Co（コバルト）、Al（アルミニウム）、Zn（亜鉛）、Cu（銅）、Be（ベリリウム）、Pb（鉛）、Sb（アンチモン）

医学的な影響は以下のとおりである。

- －有毒: Cr₆（六価クロム）、Mn（マンガン）、Co（コバルト）
- －アレルギー、金属ヒューム熱: Zn（亜鉛）、Cu（銅）
- －肺線維症: Be（ベリリウム）
- －発癌性: Cr₆（六価クロム）、NiO（酸化ニッケル）

ベリリウムは非常に危険。重金属のフェームは特にチタン、マグネシウムやアルミニウムのような合金、あるいは亜鉛軸受金属の切削時に生成される。

B.1.5 プラスチック切断

多種多様な潜在的有害物質を放出する。低温では、脂肪族炭化水素が生成され、高温では芳香族炭化水素（ベンゼン、PAH（多環芳香族炭化水素））と多環炭化水素（例えばダイオキシン類、フラン）が上昇する。特定の材料は、シアン化物、イソシアネート（ポリウレタン）、アクリレート樹脂（PMMA）、塩化水素（PVC）の排出をもたらす。医学的な影響を以下に示す。

- －有毒: シアン化物、一酸化炭素、ベンゼン誘導体
- －アレルギー・刺激物: イソシアネート、アクリレート
- －気道の炎症: ホルムアルデヒド、アクロレイン、アミン
- －発癌性: ベンゼン、いくつかのPAHs

B.1.6 金属溶接

一般的なヒューム排出は金属切断に比べ低い。重金属蒸気が予想される。B.1.4を参照。

B.1.7 熱処理

一般的に重大な副産物ではないが、いくつかの重金属蒸気が生成される。

B.1.8 はんだ付け、ろう付け

重金属蒸気、フラックス蒸気及び副産物が予想される。

B.1.9 カット紙と木材

標準セルロース副産物、エステル、酸、アルコール、ベンジン。

B.1.10 反意図的材料の劣化

材料と化学物質のレーザー放射（例えば光学）による劣化から意図に反して、有害な副産物の生成。Zn（亜鉛）、Se oxides（セレン酸化物）。

B.2 二次放射線危険源の例

二次放射危険源は溶接ゾーンから光の放射を含め、もたらすのは

- －高分子と排出毒煙やガス、特にオゾンの分解
- －可燃性材料と化学物質による火災や爆発の危険源
- －プラズマからのX線
- －紫外線の放射や明るい可視光源から人への危険源

B.3 機械的危険源の例

動いている機械部分は危険源である。ロボットは保護覆いに穴を空けたり、レーザー装置またはビーム伝送システムを損傷したり、レーザービームをオペレーター、囲い壁あるいは覗き窓に照射する。

B.4 電氣的危険源の例

B.4.1 基本的な危険源

高電圧、蓄積エネルギー、大電流能力。

B.4.2 二次的危険源

高電圧下の非シールド構成部品からのX線の発生。

B.5 欠陥設計の例

インタロックスイッチ、スイッチアッセンブリー、インタロック回路ガスラインやガスバルブ位置決めの設計不具合。ケーブル配線やガスラインからのレーザー放射の不十分な遮蔽。

注記：この附属書はISO 11553-1 機械の安全－レーザー加工機－パート1：一般的安全要求事項から引用。

附属書 C

(参考)

ハンドヘルドファイバーレーザー加工機の事例

ここでは、ハンドヘルドファイバーレーザー加工機の事例を示す。

C.1 事例1 伝送用ファイバーを介して外部ファイバーレーザー機器に接続されたハンドヘルドファイバーレーザー加工機



図C.1 固定した加工対象物を加工する為のハンドヘルドファイバーレーザー加工機

C.2 事例2 加工部材が手動で移動されるファイバーレーザー加工機



図C.2 手動で加工対象物を加工ヘッドに対して移動するファイバーレーザー加工機

附属書 D
(参考)
粉じん管理

事業者は、粉じんにさらされる労働者の健康障害を防止するため、設備、作業工程又は作業方法の改善、作業環境の整備等必要な措置を講ずる為の以下の国内法規がある。

D.1 作業環境の管理

事業者は加工時に発生するヒュームや粒子状物質による健康被害を防ぐために、安全衛生法の粉塵障害防止規則、特定化学物質障害予防規則に則り作業環境を良好に保つ責任がある。

D.2 作業者の健康管理

粉じん障害防止規則（1979年4月25日労働省令第18号）第一章 総則（第一条の二）

事業者は、じん肺法（1960年法律第30号）及びこれに基づく命令並びに労働安全衛生法に基づく他の命令の規定によるほか、粉じんにさらされる労働者の健康障害を防止するため、健康診断の実施、就業場所の変更、作業の転換、作業時間の短縮その他健康管理のための適切な措置を講ずるよう努めなければならない。

D.3 作業環境の測定と評価及び措置

粉じん障害防止規則（1979年4月25日労働省令第18号）第五章 作業環境測定（第二十五条～第二十六条の四）

令第二十一条第一号の厚生労働省令で定める土石、岩石、鉱物、金属又は炭素の粉じんを著しく発散する屋内作業場は、六ヶ月以内ごとに一回、定期的に、当該作業場における空気中の粉じんの濃度を測定しなければならない。

測定結果の評価により当該作業場を第1～3の管理区分に分け管理区分に応じた措置を講じなければならない。特に第3管理区分と評価された場合には作業者に呼吸用保護具を使用させ、健康診断など健康保持に必要な措置を講じなければならない。

表 D.1 粉じんの管理濃度

土石、岩石、鉱物、金属又は炭素の粉塵	$E=3.0/(1.19Q+1)$ [mg/m ³]
	E=管理濃度 [mg/m ³]
	Q=当該粉じんの遊離珪酸含有率[%]

厚生労働省 基発第0331024号(作業環境評価基準の一部を改正する件等の施行等について)

表 D.2 粉じん濃度の評価及び措置

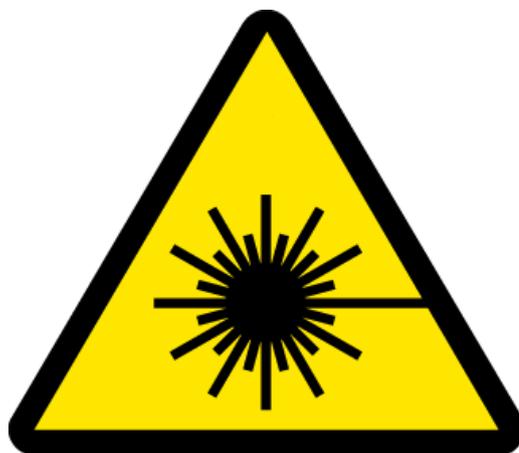
管理区分	評価内容		措置内容
	A測定	B測定	
第 1 管理区分	第一評価値が管理濃度に満たない場合	第一評価値及び B 測定の測定値（二以上の測定点において B 測定を実施した場合には、そのうちの最大値。以下同じ。）が管理濃度に満たない場合	現在の作業環境管理の継続的維持に努めること。
第 2 管理区分	第一評価値が管理濃度以上であり、かつ、第二評価値が管理濃度以下である場合	第二評価値が管理濃度以下であり、かつ、B 測定の測定値が管理濃度の 1.5 倍以下である場合（第一管理区分に該当する場合を除く。）	施設、設備、作業工程、作業方法の点検を行い、その結果に基づき、必要な措置を講じるように努めること。
第 3 管理区分	第二評価値が管理濃度を超える場合	第二評価値が管理濃度を超える場合又は B 測定の測定値が管理濃度の 1.5 倍を超える場合	<ul style="list-style-type: none"> ・作業者に呼吸用保護具を使用させ、健康診断など健康保持に必要な措置を講じなければならない。 ・施設、設備、作業工程、作業方法の点検を行い、その結果に基づき、必要な措置を講じなければならない。

厚生労働省 作業環境評価基準（1988 年労働省告示第 79 号）

附属書 E
(参考)
レーザに関する警告銘板

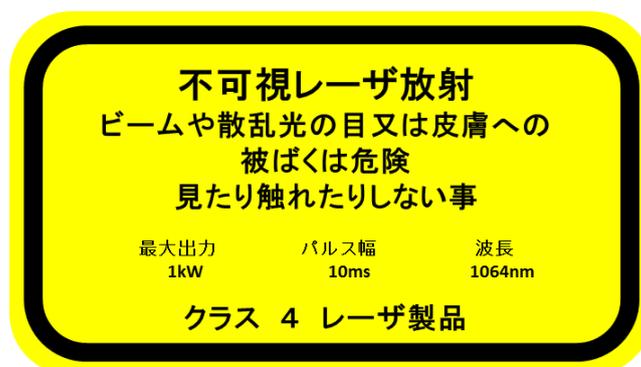
E.1 危険シンボル

レーザビームの放射を警告



E.2 説明ラベル

クラス 4 のレーザ放射と放射されるレーザビームが不可視波長帯域であることを警告



E.3 説明ラベル

レーザビームが放射される出口を警告



E.4 アクセスパネルに対するラベル

パネルを開けると作業者が被ばくする警告

注意

ここを開くとクラス4のレーザー放射が出る
ビームや散乱光の目又は皮膚への被ばくは危険
見たり触れたりしないこと

E.5 インタロック解除に対するラベル

インタロックを解除すると作業者が被ばくする警告

注意

ここを開き、そしてインタロックを解除すると
クラス4のレーザー放射が出る
ビームや散乱光の目又は皮膚への被ばくは危険
見たり触れたりしないこと

附属書 F
(参考)
主要警告銘板

ファイバーレーザ加工機におけるほとんどの事故は、安全規則を守らない事から発生する。ここでは、レーザ加工機メーカーが使用する各種の警告銘板について、その一般的な意味とそれらがレーザ加工機で使用された場合の両方を理解して頂くために、主要な物を一覧表にした。それらの銘板には危険のレベルに応じて3つの分類がされ、危険のレベルを使い分けは以下に示す。

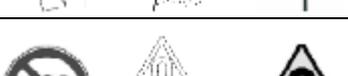
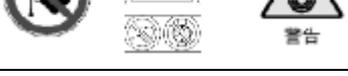
「危険」: その危険が回避されなかった場合、死亡又は重度の障害を負う事になる切迫した潜在的な危険状況を示す。

「警告」: その危険が回避されなかった場合、死亡又は重度の障害を負う可能性がある潜在的な危険状況を示す。

「注意」: その危険が回避されなかった場合、中程度又は軽度の障害を負う可能性がある潜在的な危険状況を示す。

表 F.1 警告銘板のピクトグラムと意味・用途

No.	ピクトグラム	意味	用途
1		電磁界有	電磁界が発生する箇所に用いる。
2		危険のシンボルマーク	危険を知らせる箇所に用いる。
3		警告のシンボルマーク	警告を知らせる箇所に用いる。
4		注意のシンボルマーク	注意を知らせる箇所に用いる。
5		感電注意	受電部分に用いる。
6		高温部注意	加工時高温になる箇所に用いる。
7		チラー内部の回転物に注意	チラーキャビネットに用いる。
8		挟まれ注意	スライド式可動部に用いる。

9		回転物付近での手や腕の巻き込まれ注意	回転可動部付近に用いる。
10		指の切断注意	レーザの照射部付近に用いる。
11		頭上注意	頭上の可動部付近に用いる。
12		足下注意	転倒の危険のある箇所の付近に用いる。
13		火気厳禁	火気厳禁の箇所に用いる。
14		開口部注意	加工機の開口部カバーに用いる。
15		取扱説明書を必読	加工機使用前は必ず取扱説明書を読む事。
16		高電圧に注意	高電圧がかかっている箇所に用いる。
17		手の挟まれに注意	開閉式カバーに用いる。
18		ベルト伝達部付近での手の巻き込まれ注意	ベルト伝達部近くに用いる。
19		手を近づけないように注意	加工機のアームの付近に用いる。
20		落下や踏み外し注意	作業台の上に用いる。
21		強力な磁界に注意	加工機の磁石機能のある付近に用いる。
22		光に注意 (保護具着用の必要有)	有害な UV 光が当たる所やその付近に用いる。
23		爆発や火災に注意	加工機または加工機周囲の火災情報を喚起するために用いる。
24		粉塵・ガス等の吸い込み注意	粉塵が溜まりやすい所に用いる。
25		手の巻き込まれ注意	加工機のノズルやフレーム付近に用いる。

26		液の飛び出し注意	液が入っているタンクに用いる。
27		手の接近注意	ATC（自動工具交換装置）付近に用いる。
28		スリップ転倒注意	滑りやすい箇所に用いる。

あとがき

この工業会規格は、国際規格から繋がる JIS 規格を中心に適用される規定を踏まえて、各種ファイバーレーザー加工機特有の安全要求事項について規定したものである。

ファイバーレーザー加工機の設計製作にあたっては、本規格に準拠することにより安全な機械が実現可能となり、労働安全に寄与するものとしたい。

また、この工業会規格は、国際規格 ISO 及び国家規格 JIS との整合性を確保しグローバルに通用する自主制定の規格として維持することとし、社会情勢に応じて定期的に見直しを実施することが必要であると考えます。

規格作成委員会の構成

・レーザー・プラズマ専門部会 第1期（2011年～2012年度）

部会長	浜川 善和	トルンプ(株)	取締役副社長
委員	内野 幸雄	(株)アマダ	生産技術部 部長
	橋爪 和裕	(株)向洋技研	技術部 係長
	加端 哲也	コマツ産機(株)	板金事業部 開発部長
	森 康之	コマツ NTC(株)	レーザー事業部営業部営業企画課 課長
	松本 誠	同上	レーザー事業部設計部 基担
	岡 寛幸	トルンプ(株)	レーザー溶接推進プロジェクトリーダー
	小林 弘	村田機械(株)	工作機械事業部 板金システム部 部長

・レーザー・プラズマ専門部会 第2期（2013年度～）

部会長	橋口 玲	コマツ産機(株)	代表取締役社長
委員	小野寺 宏	(株)アマダ	ブランク第二開発部 部長
	橋爪 和裕	(株)向洋技研	技術部 係長
	岡本 匡平	コマツ産機(株)	板金事業部開発部キコンホ° 開発グループ 副グループ° 長
	岡 寛幸	トルンプ(株)	レーザー溶接推進プロジェクトリーダー
	小林 弘	村田機械(株)	工作機械事業部 板金システム部 部長
アドバイザー	高橋 岩重	コマツ技術アドバイザー	
特別委員	加端 哲也	コマツ産機(株)	板金事業部 開発部長
	鍛冶 慧析	コマツ産機(株)	板金事業部開発部キコンホ° 開発グループ°

事務局

松本 憲治	一般社団法人	日本鍛圧機械工業会	専務理事
楠田 富士盛		同上	主幹

以上

