



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization



استاندارد ملی ایران
۱۱۷۲۹-۱
تجدیدنظر اول
۱۴۰۱

INSO
11729-1
1st Revision
2022

Identical with
ISO 11553-1:
2020

ایمنی ماشین آلات –
ماشین‌های فراوری کننده لیزری –
قسمت ۱: الزامات ایمنی لیزری

Safety of machinery —
Laser processing machines —
Part 1: Laser safety requirements

ICS: 13.110; 31.260

استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۷۲۹ (تجدیدنظر اول): سال ۱۴۰۱

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.org.ir

وب‌گاه: <http://www.inso.org>

Iran National Standards Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.org.ir

Website: <http://www.inso.org>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روز رسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«ایمنی ماشین آلات – ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری – قسمت ۱: الزامات ایمنی لیزری»

رئیس:

حلاجان، مهدی
(کارشناسی ارشد فیزیک)

سمت و/یا محل اشتغال:

مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران

دبیر:

عربلو، رضا
(کارشناسی فیزیک)

پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته صنعتی

سمت و/یا محل اشتغال:

مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک ایران

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اوجاقلو، علی
(دکتری اپتیک و لیزر)

کمیته فنی متناظر اپتیک و فوتونیک ISO/TC 172 و کمیته
فنی متناظر ایمنی تجهیزات لیزری IEC/TC 76

پورا کبر صفار، علی
(کارشناسی ارشد فیزیک)

مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران

ترکمنی، محمدجواد
(دکتری مهندسی متالورژی)

سازمان انرژی اتمی ایران

سلطانی، امیر
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته صنعتی (شرکت سهامی خاص)

سمیع‌پور، فرهاد
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

شرکت صنایع الکترواپتیک صایران

مجتبی، علیرضا
(کارشناسی ارشد فوتونیک)

مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور

مظفری، علی
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای - پژوهشکده فوتونیک و
فناوری‌های کوانتومی

فرهادیان، امیرحسین
(دکتری تخصصی فوتونیک)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

گلشنی پور، محمد

(کارشناسی مهندسی پزشکی)

یاوری، حمید

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

ویراستار:

سمیع پور، فرهاد

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

سمت و/یا محل اشتغال:

شرکت بهیار صنعت سپاهان (شرکت سهامی خاص)

شرکت صنایع الکترواپتیک صایران

پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته صنعتی (شرکت سهامی خاص)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
ح	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اصطلاحات و تعاریف
۱۱	۴ خطرهای ناشی از تابش لیزر
۱۱	۱-۴ کلیات
۱۱	۲-۴ خطرهای تابش لیزر/ منابع گسیل تابش لیزر
۱۳	۳-۴ خطرهای تابش لیزر ناشی از اثرهای خارجی (تداخل‌ها)
۱۴	۴-۴ مشخصات تابش لیزر
۱۴	۵ الزامات و اقدامات ایمنی
۱۴	۱-۵ الزامات عمومی
۱۵	۲-۵ ارزیابی ریسک با توجه به خطرهای تابش لیزر
۱۶	۳-۵ پیاده‌سازی اقدامات کاهش ریسک
۲۴	۶ تصدیق الزامات ایمنی و اقدامات کاهش ریسک
۲۷	۷ اطلاعات برای استفاده
۲۸	۸ برچسب‌گذاری
۳۰	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) خطرهای بالقوه
۳۵	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «ایمنی ماشین‌آلات - ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری - قسمت ۱: الزامات ایمنی لیزری» که نخستین‌بار در سال ۱۳۸۷ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یک هزار و هشتصد و نود و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مکانیک مورخ ۱۴۰۱/۰۷/۲۵ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد، جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۷۲۹: سال ۱۳۸۷ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 11553-1:2020, Safety of machinery — Laser processing machines — Part 1:
Laser safety requirements

مقدمه

این استاندارد، همان‌گونه که در استاندارد ISO 12100 بیان شده است، یک استاندارد نوع B است. ممکن است الزامات این استاندارد با یک استاندارد نوع C تکمیل یا اصلاح شود^۱.

برای ماشین‌هایی که در دامنه کاربرد یک استاندارد نوع C قرار می‌گیرند و مطابق با الزامات آن استاندارد طراحی و ساخته شده‌اند، الزامات آن استاندارد نوع C بر الزامات این استاندارد نوع B اولویت دارد.

هدف از تدوین این استاندارد، جلوگیری از صدمه دیدن افراد، به وسیله موارد زیر است:

- تهیه فهرستی از خطرات بالقوه تابش لیزر ناشی از ماشین‌های دارای لیزر؛
- تعیین اقدامات ایمنی الزامی برای کاهش ریسک‌های ناشی از شرایط خطرناک ویژه؛
- فراهم کردن مراجعی برای استانداردهای مرتبط؛ و
- مشخص کردن اطلاعاتی که باید در اختیار کاربران قرار داده شود، به طوری که کاربران بتوانند روش‌های اجرایی و اقدام‌های احتیاطی مناسب را استقرار دهند.

این استاندارد، یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی شماره ۱۱۷۲۹ با عنوان کلی «ایمنی ماشین‌آلات - ماشین‌های فرآوری کننده لیزری» است که به منظور تعیین الزامات برای ماشین‌های فرآوری کننده لیزری، تدوین شده است. سایر قسمت‌های این استاندارد به شرح زیر است:

- Part 2: Safety requirements for hand-held laser processing devices
- قسمت ۳: روش‌های کاهش و اندازه‌گیری نوفه برای ماشین‌های فرآوری لیزری و وسایل فرآوری دستی و تجهیزات کمکی همراه (درجه درستی ۲)

-
- ۱ - استاندارد ISO 12100، مبنایی برای مجموعه‌ای از استانداردها می‌باشد که دارای ساختار زیر هستند:
 - استانداردهای نوع A (استانداردهای ایمنی پایه) مفاهیم پایه، اصول طراحی و جنبه‌های عمومی که می‌توانند بر ماشین‌آلات اعمال شوند را ارائه می‌کنند؛
 - استانداردهای نوع B (استانداردهای ایمنی کلی) با یک جنبه ایمنی یا یک نوع حفاظت که می‌تواند برای گستره وسیعی از ماشین‌ها به کار برده شود، سروکار دارد:
 - استانداردهای نوع B1 درمورد جنبه‌های ویژه ایمنی (برای مثال، فاصله‌های ایمن، دمای سطحی، نوفه)؛
 - استانداردهای نوع B2 درمورد حفاظت‌ها (برای مثال، کنترل‌های با دو دست، قفل‌های همبند، وسایل حساس به فشار، حفاظ‌ها)؛
 - استانداردهای نوع C (استانداردهای ایمنی ماشین) با الزامات تفصیلی ایمنی یک ماشین خاص یا گروهی از ماشین‌ها سروکار دارد.

ایمنی ماشین آلات – ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری – قسمت ۱: الزامات ایمنی لیزری

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین موارد زیر است:

- خطرهای تابش لیزر ناشی از ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری (مطابق با زیربند ۳-۷)؛
- الزامات ایمنی مربوط به خطرهای تابش لیزر؛
- اطلاعاتی که باید توسط سازندگان ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری تأمین شود (علاوه بر الزاماتی که در استانداردهای IEC 60825 تعیین شده است)؛

الزامات مربوط به خطر نوفه ناشی از ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری، در استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۱۷۲۹ ارائه شده است.

این استاندارد، برای ماشین‌هایی که از تابش لیزر برای فراوری مواد استفاده می‌کنند، کاربرد دارد.

این استاندارد، برای محصولات لیزری یا تجهیزات حاوی چنین محصولاتی، که منحصراً و صریحاً برای کاربری‌های زیر ساخته شده‌اند، کاربرد ندارد:

- لیتوگرافی نوری^۱؛
- لیتوگرافی سه‌بعدی^۲؛
- تمام‌نگاری^۳؛
- کاربردهای پزشکی (مطابق با استاندارد IEC 60601-2-22)؛
- ذخیره‌سازی داده‌ها.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

1- Photolithography
2- Stereolithography
3- Holography

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱: سال ۱۳۹۳، ایمنی محصولات لیزری - قسمت ۱: طبقه‌بندی و الزامات ایمنی

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۱۷۲۹: سال ۱۳۹۵، ایمنی محصولات لیزری - قسمت ۳: روش‌های کاهش و اندازه‌گیری نوفه برای ماشین‌های فرآوری لیزری و وسایل فرآوری دستی و تجهیزات کمکی همراه (درجه درستی ۲)

۳-۲ استاندارد ملی ایران - ایزو شماره ۱۲۱۰۰: سال ۱۳۹۰، ایمنی ماشین‌آلات - اصول کلی طراحی - ارزیابی ریسک و کاهش آن، با استفاده از استاندارد ISO 12100: 2010 به روش «تنفیذ» تدوین شده است.

2-4 IEC 3564 (all parts), Graphical symbols — Safety colours and safety signs

یادآوری - مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۹۹۵۶، نمادهای نگاره ای - رنگ‌های ایمنی و علائم ایمنی، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد ISO 3864 تدوین شده‌اند.

2-5 ISO 11145: 2018, Optics and photonics — Lasers and laser-related equipment — Vocabulary and symbols

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۷۳۶: سال ۱۳۹۶، اپتیک و فوتونیک - لیزر و تجهیزات مرتبط با لیزر - واژگان و نمادها، با استفاده از استاندارد ISO 11145: 2016 تدوین شده است.

2-6 ISO 13849-1: 2015, Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design

2-7 ISO 13849-2: 2012, Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 2: Validation

2-8 ISO 13850: 2012, Safety of machinery — Emergency stop function — Principles for design

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۳۵۵: سال ۱۳۹۶، ایمنی ماشین‌آلات - عمل توقف اضطراری - اصول طراحی، با استفاده از استاندارد ISO 13850: 2015 تدوین شده است.

2-9 IEC 60204-1: 2016, Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements

2-10 IEC 60825-4: 2006/AMD 2: 2011, Safety of laser products — Part 4: Laser guards

2-11 IEC 62061: 2005, Safety of machinery — Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۶۲۰۶۱: سال ۱۳۹۱، ایمنی ماشین‌آلات - ایمنی وظیفه‌ای سیستم‌های کنترل مرتبط با ایمنی الکتریکی/الکترونیکی/الکترونیکی قابل‌برنامه‌ریزی، با استفاده از استاندارد IEC 62061: 2005 + COR1: 2005 و IEC 60825-4: 2006، اصطلاحات و تعاریف COR2: 2008 تدوین شده است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ و استانداردهای ملی ایران - ایزو شماره ۲۱۰۰، ISO 11145: 2018 و IEC 60825-4: 2006، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌روند^۱:

۱-۳

سامانه انتقال باریکه

beam delivery system

سامانه‌ای متشکل از تمام قطعات، شامل تمام اجزای اپتیکی باریکه و مسیرهای بالقوه باریکه و محدودکننده‌ها^۲ است که هنگامی که در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، تابش لیزر گسیل شده از منبع اصلی لیزر (مطابق با تعریف ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱) را به قطعه کار^۳ منتقل می‌کنند. سامانه انتقال باریکه می‌تواند شامل تمامی قطعات برای هدایت، شکل‌دهی و تغییر مسیر باریکه‌های لیزر و همچنین محدودکننده و نگهدارنده اجزای مسیر باریکه باشد.

[منبع: زیربند G.2.1 استاندارد IEC 60825-4: 2006/AMD 2: 2011، تغییر یافته - عبارت «این قطعات ممکن است شامل» با عبارت «سامانه انتقال باریکه می‌تواند شامل» و عبارت «باریکه لیزر» با عبارت «باریکه‌های لیزر» جایگزین شده است.]

۲-۳

اجزای مسیر باریکه

beam path component

جزء اپتیکی است که در مسیر مشخص شده باریکه قرار می‌گیرد.

یادآوری- به زیربند ۳-۱۶ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ مراجعه شود.

مثال - یک آینه هدایت‌کننده باریکه، یک عدسی متمرکزکننده، یک کابل فیبر نوری یا یک اتصال‌دهنده کابل فیبر نوری.

۱- اصطلاحات و تعاریف به‌کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وب‌گاه‌های <http://www.iso.org/obp> و

<http://www.electropedia.org> قابل دسترس هستند

2- Enclosures

3- Workpiece

۳-۳

اجزای شکل دهنده باریکه

beam shaping component

اجزای اپتیکی مجتمع شده در مسیر باریکه برای انتقال نمایه^۱ یا سطح مقطع باریکه لیزر از طریق روزنه‌ها و اجزای اپتیکی بازتاب‌دهنده، شکست‌دهنده و پراشنده است.

مثال - عدسی یا جزء اپتیکی مجتمع شده مورد استفاده برای کاربردهای سخت‌کاری.

۴-۳

اجزای تغییر مسیر باریکه

beam switching component

جزء یا مجموعه‌ای از اجزای اپتیکی است که در مسیر باریکه قرار داده شده‌اند تا مسیر باریکه را تحت کنترل خارجی در امتداد جهت(های) ازپیش تعیین‌شده هدایت کنند یا برگردانند.

یادآوری - کنترل خارجی این امکان را فراهم می‌سازد که باریکه از یک جهت ازپیش تعیین‌شده به جهت دیگر تغییر مسیر داده شود.

۵-۳

کابل فیبر نوری

fibre optic cable

اجزای هدایت‌کننده باریکه نوری است که انتقال تابش لیزر را در طول یک محیط شفاف امکان‌پذیر می‌سازد. یادآوری ۱ - ممکن است کابل فیبر نوری به حسگرهایی برای پایش شکستگی و/یا دما مجهز شده باشد.

یادآوری ۲ - ممکن است کابل فیبر نوری یک مغزی^۲ شیشه‌ای یا از جنس دیگری داشته باشد که تابش لیزر از طریق آن انتقال می‌یابد. این مغزی به وسیله غلاف^۳ احاطه شده است. قسمت بیرونی فیبر به وسیله غلاف محافظت می‌شود و علاوه بر این ممکن است به منظور محافظت از تغییر شکل مکانیکی، نفوذ آب و غیره، فیبر نوری به وسیله لایه‌های تکمیلی از جنس مواد دیگر مانند پلیمر یا فلز محافظت شود. همچنین در این استاندارد، این اصطلاح می‌تواند شامل اشکال دیگر وسایل انتقال لیزر مانند موج‌برها^۴ باشد.

-
- 1- Profile
 - 2- Core
 - 3- Cladding
 - 4- Waveguides

۶-۳

اتصال دهنده فیبر

fibre connector

قطعه‌ای از فیبر است که کابل فیبر نوری را به دیگر قطعات در مسیر باریکه متصل می‌کند.
یادآوری ۱ - ممکن است اتصال دهنده فیبر به حسگرهایی برای پایش موقعیت آن (متصل/قطع شده) مجهز شده باشد.
یادآوری ۲ - معمولاً، اتصال دهنده‌های فیبر، فیبر نوری را به منبع لیزر و ماشین فراوری کننده لیزری متصل می‌کند.

۷-۳

ماشین فراوری کننده لیزری

laser processing machine

ماشینی است که در آن یک یا چند لیزر تعبیه شده باشد، به نحوی که انرژی یا توان کافی به منظور ذوب، تبخیر، یا ایجاد یک گذار فاز در دست کم بخشی از قطعه کار فراهم شود، و برای انجام عملکرد در نظر گرفته شده، ایمن بوده و آماده به کار باشد.

۸-۳

ناحیه خطر

منطقه خطر

hazard area

danger zone

فضای درون و/یا اطراف ماشین‌آلات است که در آن یک فرد می‌تواند در معرض خطر قرار بگیرد.
یادآوری - در ناحیه خطر لیزر، چگالی تابشی^۱ یا چگالی انرژی^۲ باریکه از بیشینه پرتوگیری مجاز (MPE)، شامل احتمال تغییر مسیر تصادفی باریکه لیزر، بیشتر می‌شود (به تعریف ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ مراجعه شود).

۹-۳

منطقه فرایند

process zone

1- Irradiance

تابیدگی، برحسب یکای وات بر مترمربع ($W \cdot m^{-2}$)

2- Radiant expose

شاریدگی، برحسب برحسب یکای ژول بر مترمربع ($J \cdot m^{-2}$)

ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری، ناحیه‌ای است که در آن باریکه لیزر با ماده قطعه‌کار برهم‌کنش می‌کند.

۱۰-۳

مکان با دسترسی کنترل‌شده

location with controlled access

مکان خطرناکی است که به غیر از افراد مجاز که آموزش‌های کافی در ارتباط با ایمنی لیزر و نگهداری و تعمیر سیستم‌های لیزری را دیده‌اند، برای سایر افراد غیرقابل‌دسترس می‌باشد.

یادآوری ۱ - دسترسی به این مکان توسط سامانه‌های اجازه‌دهنده، به‌عنوان مثال کلید، کلمه عبور، کنترل می‌شود.

یادآوری ۲ - به جدول ۱ مراجعه شود.

مثال - لازم است که مهندسین نگهداری و تعمیر در ناحیه حفاظت‌شده‌ای با خطر لیزر یا در ناحیه‌ای که در آن سطح پرتوگیری بیشتر از بیشینه پرتوگیری مجاز (MPE) کار کنند. اقدامات حفاظتی، به‌غیر از وسایل فنی و اجرایی، شامل تجهیزات حفاظت فردی مناسب می‌شوند (محافظ چشم در مقابل لیزر، پوشش محافظتی).

۱۱-۳

مکان با دسترسی محدود

location with restricted access

مکان خطرناکی است که برای عموم مردم غیرقابل‌دسترس بوده اما ممکن است برای ناظران یا کارکنان که در زمینه ایمنی لیزر آموزش ندیده‌اند، قابل‌دسترس باشد.

یادآوری ۱ - در مکان با دسترسی محدود، کارکنان به‌وسیله حفاظ‌ها/دیوارها، موانع یا دیگر روش‌ها از خطرهای پرتوگیری با تابش لیزر محافظت می‌شوند.

یادآوری ۲ - به جدول ۱ مراجعه شود.

مثال - انجام نگهداری و تعمیر در یک ماشین فراوری‌کننده لیزری واقع در سالن کارگاه، که ناحیه‌ای با دسترسی محدود است. ناحیه خطر لیزر به‌وسیله حفاظ‌ها/دیوارهای قابل‌حمل عمودی که با علائم ایمنی برجسب‌گذاری شده‌اند، جدا می‌شوند. ممکن است تابش لیزر بازتاب‌شده به طبقات بالاتر یا سکوه‌های داربست وارد شود. به کارکنانی که به سالن کارگاه دسترسی دارند در مورد اقدامات سازمانی آموزش داده می‌شود، به‌گونه‌ای که از اقدامات ایمنی سازمانی (ممنوعیت‌ها/ هشدارها) پیروی کنند.

۱۲-۳

مکان با دسترسی نامحدود و کنترل‌نشده

location with unrestricted and uncontrolled access

مکانی است که دسترسی به آن محدود یا کنترل‌شده، نیست.

یادآوری ۱ - تمام افراد، شامل عموم مردم می‌توانند به این مکان دسترسی داشته باشند.

یادآوری ۲ - به جدول ۱ مراجعه شود.

یادآوری ۳ - در صورتی که از ماشین فراوری‌کننده لیزری در مکانی استفاده می‌شود که عموم مردم به آن دسترسی دارند، نگهداری و تعمیر آن می‌تواند با ایجاد مکان‌هایی با دسترسی محدود یا مکان‌های با دسترسی کنترل‌شده انجام شود.

مثال - معمولاً، این ماشین‌ها در فروشگاه‌ها و نمایشگاه‌ها در معرض نمایش قرار داده می‌شوند. از آنجایی که ممکن است عموم مردم به این مکان دسترسی داشته باشند، ماشین فراوری لیزری نباید هیچ خطری داشته باشد.

جدول ۱ - توصیف مکان‌ها

نامحدود و کنترل‌نشده	محدود	کنترل‌شده	مکان
همه افراد، شامل عموم مردم	کارکنانی که در زمینه ایمنی لیزر آموزش ندیده‌اند، اما شامل عموم مردم نمی‌شود	افراد مجاز و آموزش‌دیده در زمینه ایمنی لیزر	افراد

۱۳-۳

مُد خودکار

تولید

automatic mode

production

«ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری» مُد عملیاتی است که در طی آن، ماشین فراوری‌کننده لیزری مطابق با عملکرد در نظر گرفته‌شده شامل موارد زیر به کار برده می‌شود (استفاده عادی):

- بارگذاری و باربرداری از قسمت‌ها و/یا مواردی که فراوری می‌شوند، و
- فراوری کردن که در طی آن باریکه لیزر به‌تنهایی یا همراه با ابزارهای دیگر کار می‌کند.

یادآوری ۱ - در طی مُد خودکار (استفاده عادی) تجهیزات حفاظتی فعال هستند.

یادآوری ۲ - بارگذاری/ باربرداری می‌تواند به‌طور کامل یا جزئی، به‌صورت خودکار یا دستی انجام شود.

۱۴-۳

مُد تنظیم

setting mode

ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری^۱ مُد عملیاتی است که در طی آن، میزان‌سازی‌ها یا تنظیمات لیزر توسط کارور^۱ انجام می‌شود.

یادآوری- این مُد برای انجام تغییرات برای مثال در قطعه‌کار، مسیرهای حرکت لیزر در ماشین فراوری‌کننده یا پارامترهای فرایند مورد نیاز است. در طی مُد تنظیم، تجهیزات حفاظتی باز هستند، اما اقدامات ایمنی از قبیل کاهش قابل‌ملاحظه سرعت، یا مُد مرحله به مرحله^۲، و کاهش توان خروجی لیزر به کارور این امکان را می‌دهند که در فرایند مداخله کند.

۱۵-۳

مُد مداخله دستی

manual intervention mode

ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری^۱ مُد عملیاتی است که در طی آن، قطعه‌های کار مجزا می‌توانند با لیزر فراوری شوند و فرایند می‌تواند توسط کارور مشاهده شود.

۱۶-۳

مُد نگهداری و تعمیر

service mode

ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری^۱ مُد عملیاتی است که در آن، ماشین برای انجام اقدامات اصلاحی به کار گرفته می‌شود.

مثال - عیب‌یابی، بازکردن و تعمیر تجهیز، پاک‌کردن یا میزان‌سازی یا تراز کردن اجزای اپتیکی.

۱۷-۳

سوئیچ انتخاب‌گر مُد عملیاتی

operating mode selector switch

ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری^۱ سوئیچ یا وسیله انتخاب دیگری است که امکان استفاده از ماشین فراوری‌کننده لیزری را در چندین مُد کنترل یا عملیاتی، که نیازمند اقدامات حفاظتی مختلف و/یا روش‌های اجرایی کار است و می‌تواند در هر وضعیت قفل شود، فراهم می‌سازد.

یادآوری- وسیله انتخاب شامل نرم‌افزار می‌شود اما محدود به آن نیست.

۱۸-۳

اصلاح

1- Operator
2- Step-mode

modification

تغییری در ماشین فراوری کننده لیزری است که آن را قادر به فراوری مواد به روشی متفاوت با طراحی اصلی می‌سازد، یا آن را قادر می‌سازد مواد را به شکل دیگری نسبت به آنچه که از طراحی اصلی انتظار می‌رود یا بر روی مشخصات ایمنی ماشین تأثیر می‌گذارد، فراوری کند.

۱۹-۳

زیرمجموعه

subassembly

قسمت تشکیل دهنده‌ای است که برای عملکرد مناسب ماشین‌های فراوری کننده لیزری مورد نیاز می‌باشد. یادآوری- یک زیرمجموعه ماشین فراوری کننده لیزری می‌تواند از هر طبقه لیزر مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ باشد.

۲۰-۳

قطعه کار

workpiece

ماده‌ای است که برای فراوری به وسیله تابش لیزر در نظر گرفته شده است، یعنی ماده‌ای که به عنوان هدف در معرض باریکه لیزر قرار داده می‌شود.

۲۱-۳

بیشینه پرتوگیری مجاز

MPE

maximum permissible exposure

حداکثر سطحی از تابش لیزر می‌باشد که افراد در شرایط عادی و بدون ایجاد اثرات نامطلوب، می‌توانند در معرض آن قرار بگیرند.

یادآوری ۱- سطوح بیشینه پرتوگیری مجاز (MPE) نشان‌دهنده حداکثر سطحی است که مجاز می‌باشد، چشم یا پوست بدون صدمه دیدگی به صورت آنی یا در درازمدت در معرض پرتو قرار گیرند. این سطح به طول موج تابش لیزر، دیرش تپ یا مدت زمان پرتوگیری، بافت در معرض خطر و برای تابش لیزر مرئی و فروسرخ در گستره طول موج ۴۰۰ nm تا ۱۴۰۰ nm به اندازه تصویر روی شبکه بستگی دارد. سطوح بیشینه پرتوگیری مجاز (طبق دانش موجود فعلی) در پیوست الف استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ مشخص شده‌اند.

یادآوری ۲- مقادیر بیشینه پرتوگیری مجاز ارائه شده در پیوست الف استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ جنبه آگاهی‌دهنده برای سازنده داشته تا بر اساس این اطلاعات، سازنده بتواند موارد زیر را انجام دهد:

- محاسبه فاصله نامی خطر چشمی (NOHD)^۱؛
 - آنالیز ریسک؛
 - مطلع ساختن کاربر درباره نحوه استفاده ایمن از محصول.
- حدود پرتوگیری مجاز پرتوهای غیریون‌ساز برای چشم و پوست پرتوکاران و عموم مردم در استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۶۷ تعیین شده است. این حدود پرتوگیری توسط نهاد قانونی ملی الزام شده‌اند و ممکن است با بیشینه پرتوگیری‌های مجاز (MPES) ارائه شده در پیوست الف استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ متفاوت باشند.
- [منبع: زیربند ۳-۵۹ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ تغییر یافته- برای شفافیت در یادآوری‌ها عبارت «استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱» بعد از عبارت «پیوست الف» آورده شده است.]

۲۲-۳

ناحیه نامی خطر چشمی

NOHA

nominal ocular hazard area

ناحیه‌ای است که در آن، چگالی تابشی یا چگالی انرژی باریکه از بیشینه پرتوگیری مجاز (MPE) مناسب برای قرنیه، شامل احتمال تغییر مسیر تصادفی باریکه لیزر، بیشتر باشد.

یادآوری- اگر NOHA شامل احتمال مشاهده از طریق وسایل اپتیکی باشد آن را «ناحیه نامی خطر چشمی گسترده» می‌نامند.

[منبع: زیربند ۳-۶۴ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱]

۲۳-۳

حد پرتوگیری قابل پیش‌بینی

FEL

foreseeable exposure limit

بیشینه پرتوگیری با لیزر در سطح جلویی حفاظ لیزر است که در بازه زمانی بازرسی برای نگهداری و تعمیر، تحت شرایط اشکال عادی و شرایط اشکال که به صورت معقول قابل پیش‌بینی باشد، ارزیابی شده است.

[منبع: زیربند 3.4 استاندارد IEC 60825-4: 2006]

1- Nominal ocular hazard distance

۴ خطرهای ناشی از تابش لیزر

۱-۴ کلیات

خطرهای متعددی می‌توانند از ماشین‌های فرآوری‌کننده لیزری نشأت بگیرند. این استاندارد (منحصراً) به‌طور ویژه به خطرهای تابش لیزر ناشی از ماشین‌های فرآوری‌کننده لیزری می‌پردازد.

این استاندارد، به خطرهای ثانویه که از برهم‌کنش باریکه لیزر با ماده ایجاد می‌شوند، به‌عنوان مثال خطرهای ناشی از ایجاد مواد (دودها، بخارها، گازها) خطرناک، ریسک‌های ایجاد آتش / انفجار یا خطرهای تولید تابش ثانویه، مانند تابش پرتوهای فرابنفش یا تابش پرتوهای یون‌ساز، نمی‌پردازد.

سایر خطرها که می‌توانند از ماشین‌های فرآوری‌کننده لیزری نشأت بگیرند در پیوست الف آورده شده‌اند.

خطرهای خاص نیز در استانداردهای دیگر نظیر استانداردهای زیر بیان شده است:

برای کاهش نوفه و روش‌های اندازه‌گیری نوفه در ماشین‌های فرآوری‌کننده لیزری و وسایل فرآوری‌کننده دستی و تجهیزات کمکی مرتبط با آنها (درستی درجه ۲) به پیوست الف استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۱۷۲۹ مراجعه شود.

برای ارزیابی و کاهش ریسک‌های ناشی از تابش (به‌استثنای تابش لیزر و یون‌ساز) گسیل شده از ماشین‌های استانداردهای EN 12198-1، EN 12198-2 و EN 12198-3 مراجعه شود.

برای ارزشیابی گسیل مواد خطرناک هواژرد که در حین فرآوری مواد با لیزر ایجاد شده‌اند (از قبیل مواد ذره‌ای و گازی، به‌عنوان مثال دودها، بخارها و گازها) به مجموعه استانداردهای EN 1093 مراجعه شود.

برای کاهش ریسک‌های سلامتی ناشی از مواد خطرناک گسیل شده از ماشین‌های فرآوری‌کننده لیزری، به استاندارد ملی ایران شماره ۱-۶۹۲۲ و استاندارد ملی ایران شماره ۲-۶۹۲۲ مراجعه شود.

۲-۴ خطرهای تابش لیزر/منابع گسیل تابش لیزر

خطرهای تابش لیزر می‌توانند از یک باریکه مستقیم لیزر یا یک باریکه لیزر بازتاب‌شده / پراکنده‌شده نشأت بگیرند. شرایط استفاده عادی و همچنین شرایط خراب کارکردن / شرایط اشکال که به‌صورت معقول قابل پیش‌بینی هستند، باید در نظر گرفته شود.

منابع گسیل احتمالی باریکه مستقیم لیزر، موارد زیر هستند:

الف- روزنه منبع لیزر تعبیه‌شده؛

ب- سامانه انتقال باریکه لیزر درون ماشین فرآوری‌کننده لیزری؛

پ- باریکه لیزر گسیل شده از سر ماشین فرآوری‌کننده لیزری (به سمت قطعه‌کار)؛

- ت- باریکه لیزر گسیل شده از واحد پویش^۱ ماشین فراوری کننده لیزری (به سمت قطعه کار).
منابع گسیل احتمالی باریکه بازتاب شده، موارد زیر هستند:
 - قطعات (با سطح بازتاب دهنده) درون سامانه انتقال باریکه لیزر ماشین فراوری کننده لیزری؛
 - نگهدارنده قطعه کار (در صورت عدم وجود قطعه کار)؛
 - قطعات موجود در منطقه فراوری؛
 - قطعات داخل بدنه ماشین فراوری کننده لیزری (به عنوان مثال، سامانه جابه جایی، لوله های مکش، قسمت هایی از حفاظها)؛
 - قطعه کار، که توسط ماشین فراوری کننده لیزری فراوری شده است.
- خصوصیات اپتیکی (به عنوان مثال زبری و بازتابندگی سطح) ماده ای که در معرض باریکه لیزر قرار گرفته است، به طور قطعی نوع بازتاب (بازتاب مستقیم/آینه ای یا بازتاب پراکنده) و بنابراین سطح ریسک را تعیین می کند. این موضوع بر حد پرتوگیری قابل پیش بینی (FEL) در سطح داخلی محدود کننده/حفاظ ماشین فراوری کننده لیزری، یا چگالی تابشی یا چگالی انرژی ایجاد شده در محل کار ماشین فراوری کننده لیزری یا در یک فاصله معین از ماشین فراوری کننده لیزری، هردو، تأثیر می گذارد.
- همچنین ممکن است طراحی نامناسب یا خراب کارکردن قطعات لیزر و تجهیزات ماشین فراوری کننده لیزری، باعث ایجاد خطر/گسیل تابش لیزر (یا باریکه لیزر منحرف شده) شود:
- کابل فیبر نوری آسیب دیده؛
 - اجزای اپتیکی غیرفعال آسیب دیده (به عنوان مثال آینه ها، عدسی ها)؛
 - مسیر باریکه ناهم راستا (اجزای اپتیکی نامناسب، که به طور نادرست قرار گرفته اند)؛
 - قطعات فعال هدایت کننده و شکل دهی باریکه لیزر که به طور صحیح کار نمی کنند؛
 - سامانه جابه جایی یا ربات قرار دهنده سر ماشین فراوری کننده لیزری که به طور صحیح کار نمی کنند؛
 - شکاف ها در محدود کننده/حفاظ ماشین فراوری کننده لیزری، که ممکن است از طریق آن تابش لیزر منتشر شود؛
 - آسیب محدود کننده/حفاظها/پرده های حفاظتی.
- یادآوری- برای کسب اطلاعات درباره شرایط اشکال مربوط به هدایت باریکه لیزر که به صورت معقول قابل پیش بینی هستند، به پیوست B استاندارد IEC 60825-4: 2006 مراجعه شود.

طراحی نامناسب عملکرد ایمنی و قسمت‌های مربوط به ایمنی سامانه‌های کنترل (SRP/CS)^۱، به ترتیب برای جداسازی ایمن یا غیرفعال‌سازی باریکه لیزر (به‌عنوان مثال به‌وسیله دریچه‌ها، رله‌های کنترل‌کننده تغذیه توان به لیزر)، ممکن است باعث ایجاد ریسک‌های جدی تابش لیزر شود. به‌عنوان مثال برخی از عملکردهای ایمنی در زیر بیان شده است:

- توقف اضطراری؛
- باز کردن پوشش‌ها یا درهای نگهداری و تعمیر برای ورود و خروج قطعه‌کار با احتمال قرارگیری در معرض تابش لیزر؛
- باز کردن درها برای ورود به کابینت‌های لیزر با دسترسی به ناحیه خطر لیزر؛
- جدا کردن (به‌طور دستی) اتصال‌دهنده‌های فیبر با احتمال قرارگیری در معرض تابش مستقیم لیزر؛
- کنترل فعال حفاظ‌ها و پنجره‌ها با توجه به احتمال صدمه‌دیدگی با تابش لیزر.

۳-۴ خطرهای تابش لیزر ناشی از اثرهای خارجی (تداخل‌ها)

شرایط توان و محیطی که ماشین فراوری‌کننده لیزری در آن کار می‌کند ممکن است باعث خراب‌کار کردن ماشین شود، که این امر باعث ایجاد شرایط خطرناک مربوط به تابش لیزر شده و/با نیاز می‌باشد شخصی وارد منطقه خطر شود.

تداخل‌های محیطی شامل موارد زیر است:

- دما؛
 - رطوبت؛
 - ضربه/ لرزش خارجی؛
 - بخارها، گردوغبار یا گازهای محیط؛
 - تداخل الکترومغناطیسی/ رادیویی؛
 - قطع/ افت‌وخیز^۲ ولتاژ منبع تغذیه؛ و
 - ناسازگاری و ناهم‌خوانی سخت‌افزاری/ نرم‌افزاری قطعات ماشین.
- مثال - ممکن است شرایط محیطی سبب اثرات نامطلوب بر مشخصات باریکه لیزر شود، که می‌توانند بازده جذب را کاهش دهد؛ ضربه/ لرزش‌ها می‌تواند سبب ناهم‌راستایی اجزای اپتیکی و در نتیجه باریکه لیزر شود.

1- Safety Related Parts of Control Systems
2- Fluctuation

۴-۴ مشخصات تابش لیزر

خطرهای مربوط به تابش لیزر به مشخصات تابش بستگی دارند.

برای آنالیز خطر و ارزیابی ریسک، تابش لیزر گسیل شده از ماشین فراوری کننده لیزری با از جمله موارد زیر، اما نه محدود به این موارد، مشخصه‌یابی می‌شود:

- طول موج؛
- مد عملیاتی (موج پیوسته^۱، تپی)؛
- نمایه باریکه (مد، توزیع انرژی)؛
- کدهای کیفیت باریکه: BPP، M^2 ، K؛
- قطبش؛
- حد پرتوگیری قابل پیش‌بینی (FEL) در وجه داخلی محدودکننده/ حفاظ؛
- چگالی تابشی / چگالی انرژی در محل کار ماشین یا فاصله تعیین شده تا ماشین لیزر؛
- بیشینه زمان پرتوگیری.

۵ الزامات و اقدامات ایمنی

۱-۵ الزامات عمومی

دامنه خطرهایی که توسط این استاندارد پوشش داده می‌شوند، در بند هدف و دامنه کاربرد مشخص شده است.

سازندگان باید از ایمنی ماشین‌های فراوری کننده لیزری، با استفاده از موارد زیر اطمینان حاصل کنند:

- شناسایی خطر و ارزیابی ریسک آن؛
 - پیاده‌سازی اقدامات ایمنی به منظور کمینه کردن ریسک‌های تابش لیزر؛
 - تصدیق اقدامات ایمنی؛ و
 - تهیه اطلاعات مناسب برای کاربر.
- براساس ارزیابی ریسک (به زیربند ۵-۲ مراجعه شود)، باید اقدامات ایمنی مناسب در برابر تابش لیزر در مرحله طراحی و ساخت ماشین فراوری کننده لیزری در نظر گرفته شود.

1- Continuous waves (CW)

۵-۲ ارزیابی ریسک با توجه به خطرهای تابش لیزر

احتمال قرارگرفتن افراد در معرض تابش خطرناک لیزر به‌طور تعیین‌کننده‌ای به وضعیت ماشین لیزر بستگی دارد. بنابراین، باید یک ارزیابی ریسک با توجه به خطرهای تابش لیزر برای موارد زیر انجام شود:

- برای تمام چرخه عمر ماشین، در صورت کاربرد (برای مثال به استاندارد ISO 12100: 2010 مراجعه شود)؛
- برای تمام مدهای عملیاتی (مدهای عملیاتی بیان شده در بند ۳ فقط به‌عنوان مثال ذکر شده‌اند. توصیه می‌شود در ارزیابی ریسک سازنده، اصطلاحات و تعاریف و مدهای عملیاتی ماشین مشخص شوند)؛
- پس از هر اصلاحی در ماشین به‌وسیله فرد یا سازمان مسئول انجام اصلاح؛ و
- برای هر کاربرد نادرست که به‌صورت معقول قابل‌پیش‌بینی باشد/ بهره‌برداری که خارج از کاربرد در نظر گرفته‌شده باشد.

یک ارزیابی ریسک شامل موارد زیر است، اما محدود به آن‌ها نمی‌شود:

الف- خطرهای ناشی از باریکه مستقیم یا بازتاب‌شده لیزر؛

ب- منطقه‌های خطر، به‌ویژه آن محدوده‌هایی که به موارد زیر مربوط می‌شوند:

۱- لیزر یا سامانه لیزر؛

۲- مسیر باریکه لیزر/سامانه انتقال لیزر؛

۳- منطقه فرآوری؛

۴- ناحیه خطر لیزر؛ و

۵- ناحیه‌ای که در آن تابش لیزر می‌تواند باعث خیره‌شدن مردم شود.

پ- فهرست «تداخل‌ها» در زیربند ۴-۳ ارائه شده‌اند.

نتیجه ارزیابی ریسک باید به‌نحو مطلوبی مستند شود. درمورد اصول ارزیابی ریسک به استاندارد ISO 12100: 2010 مراجعه شود.

۳-۵ پیاده‌سازی اقدامات کاهش ریسک

۱-۳-۵ کلیات

اقدامات ایمنی در برابر خطرهای تابش لیزر باید همان‌طور که در زیربندهای ۲-۳-۵ تا ۴-۳-۵ مشخص شده است، در مرحله طراحی و ساخت در ماشین فراوری‌کننده لیزری تعبیه شوند. اقدامات ایمنی در برابر خطرهای تابش لیزر باید مطابق با استاندارد ISO 12100: 2010 از اصل اولویت^۱ پیروی کنند.

۲-۳-۵ اقدامات ایمنی درمقابل خطرهای تابش لیزر وابسته به مکان

یادآوری- در ادامه، الزامات اقدامات ایمنی در برابر خطرهای تابش لیزر وابسته به مکانی که ماشین فراوری‌کننده لیزری در آن جا کار می‌کند، آورده شده است.

۱-۲-۳-۵ اقدامات ایمنی در مکان‌های با دسترسی نامحدود و کنترل‌نشده

برای ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری که در مکان‌های با دسترسی نامحدود و کنترل‌نشده کار می‌کنند، احتمال قرار گرفتن مردم در معرض سطح خطرناکی از تابش لیزر که بیشتر از حد گسیل قابل‌دسترس (AEL)^۲ برای لیزرهای طبقه 1 (مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱) باشد، باید در طی تمام مدهای عملیاتی (مد تولید و هر مد عملیاتی دیگر)، حذف شود.

برای رعایت این الزامات، شرایط زیر باید برآورده شوند:

- از دسترسی افراد غیرمجاز به منطقه خطر، باید منحصراً به‌وسیله اقدامات ایمنی مهندسی مشخص شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱: ۱۳۹ و استاندارد ISO 12100: 2010 جلوگیری شود؛

- برای حفاظت در برابر تابش لیزر باید حفاظ‌گذاری انجام شود؛

- برای جداسازی ایمن تابش لیزر، باید از قسمت‌های مربوط به ایمنی سامانه‌های کنترل (SRP/CS) استفاده شود. الزامات استاندارد ISO 13849-1: 2015 باید رعایت شوند.

یادآوری- برای جداسازی ایمن تابش لیزر، معمولاً از یک محدودکننده یا حفاظ‌ها/ پرده‌های حفاظتی مشخص شده در استاندارد IEC 60825-4: 2006 استفاده می‌شود.

مثال- معمولاً، این ماشین‌ها در فروشگاه‌ها و نمایشگاه‌ها در معرض نمایش قرار داده می‌شوند. از آنجایی که ممکن است عموم مردم به این مکان دسترسی داشته باشند، ماشین فراوری لیزری نباید هیچ خطری داشته باشد.

1- Priority principle

2- Accessible Emission Limit

۵-۳-۲-۲ اقدامات ایمنی در مکان‌های با دسترسی محدود

برای ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری که در مکان‌هایی با دسترسی محدود کار می‌کنند، به‌منظور جلوگیری از دسترسی افراد به ناحیه خطر لیزر (NOHA) باید بیشتر اقدامات ایمنی مهندسی مشخص شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۳۵۰ و استاندارد ISO 12100: 2010 لحاظ شوند.

برای رعایت این الزامات، شرایط زیر باید برآورده شوند:

الف- اقدامات ایمنی مهندسی برای حفاظ‌گذاری و برای محافظت‌کردن از تابش لیزر باید چگالی تابشی را به کمتر از بیشینه پرتوگیری مجاز (MPE) چشم و پوست کاهش دهد. قسمت‌های مربوط به ایمنی سامانه‌های کنترل (SRP/CS) برای جداسازی ایمن تابش لیزر باید مطابق با استاندارد ISO 13849-1: 2015 باشند.

ب- ممکن است به‌منظور جلوگیری از احتمال قرار گرفتن افراد در معرض تابش خطرناک لیزر، علاوه بر اقدامات مهندسی، اقدامات سازمانی نیز مورد نیاز باشد (به‌عنوان مثال برای مَد عملیاتی «نگهداری و تعمیر»). پرتوگیری بالاتر از بیشینه پرتوگیری مجاز (MPE) باید به‌وسیله استفاده از اقدامات ایمنی اجرایی/سازمانی تکمیلی ازبین برود.

اقدامات سازمانی ایمنی باید با درجه دوم اولویت مطابق با استاندارد ISO 12100: 2010 و استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۳۵۰ انجام شود. سازندگان باید کاربر را درباره چگونگی انجام اقدامات سازمانی به‌منظور اجتناب از ریسک‌های (بیشتر از MPE) تابش لیزر مطلع سازند.

اگر ناحیه خطر لیزر به‌وسیله حفاظ‌های لیزر به‌طور کامل یا به‌طور جزئی محافظت شده باشد، سازنده باید کاربر را درباره چگونگی تعیین حد پرتوگیری قابل‌پیش‌بینی (FEL) مطلع سازد و حفاظ‌های لیزر مناسب فراهم کند (با حد پرتوگیری مجاز (PEL)^۱ کافی مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۳۵۰).

اگر ایمنی لیزر از طریق فاصله تأمین می‌شود، سازنده باید کاربر را درباره چگونگی تعیین ناحیه نامی خطر چشمی (NOHA) مطلع سازد. سازنده باید کاربر را درباره چگونگی نصب موانع (به‌عنوان مثال با نوارها) در فاصلی نامی خطر چشمی (NOHD) مربوط مطلع کند. سازنده باید اطلاعات مربوط به چگونگی پیاده‌سازی اقدامات سازمانی را در دستورالعمل‌های آموزش/ تربیت و ایمنی ارائه کند.

مثال - انجام نگهداری و تعمیر در یک ماشین فراوری‌کننده لیزری واقع در سالن کارگاه، که ناحیه‌ای با دسترسی محدود است. ناحیه خطر لیزر به‌وسیله حفاظ‌ها/دیوارهای قابل‌حمل عمودی که با علائم ایمنی کافی و مناسب برچسب‌گذاری شده‌اند، جدا می‌شوند. ممکن است تابش لیزر بازتاب‌شده به طبقات بالاتر یا سکوی‌های داربست وارد شود. به کارکنانی که به سالن کارگاه دسترسی دارند در مورد اقدامات سازمانی آموزش داده می‌شود، به‌گونه‌ای آن‌ها از اقدامات ایمنی سازمانی (ممنوعیت‌ها/ هشدارها) پیروی کنند. با این کار، ریسک باقیمانده تابش لیزر می‌تواند توسط اقدامات سازمانی، برای مثال ممنوعیت ورود به طبقات بالاتر، از بین برود.

1- Permissible Exposure Limit

۵-۳-۲-۳ اقدامات ایمنی در مکان‌های با دسترسی کنترل‌شده

برای ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری که در مکان‌های با دسترسی کنترل‌شده کار می‌کنند، احتمال قرار گرفتن مردم در معرض سطوح تابش لیزر بیشتر از بیشینه پرتوگیری مجاز (چشم MPE و پوست MPE) باید از بین برود.

به‌منظور برآورده‌شدن این الزامات، علاوه بر به‌کارگیری تمام اقدامات ایمنی مربوط به مدهای عملیاتی که در زیربندهای ۲-۳-۳-۵ تا ۵-۳-۳-۵ بیان شده‌اند، شرایط زیر باید برآورده شوند:

الف- باید با اقدامات ایمنی و به‌طور برجسته با اقدامات ایمنی مهندسی مشخص شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ و استاندارد ISO 12100: 2010، از دسترسی افراد غیرمجاز به منطقه خطر لیزر جلوگیری شود. سازنده باید نوع کنترل مجوز که دسترسی به منطقه خطر لیزر را ممکن می‌سازد یا از آن جلوگیری می‌کند، مشخص کند (به‌عنوان مثال در با کلید، کلمه عبور/ تراپاسخگر^۱).

ب- اگر برای ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری که در مکان‌های با دسترسی کنترل‌شده (به‌عنوان برای مد نگهداری و تعمیر، همچنین به زیربند ۴-۳-۳-۵ مراجعه شود) کار می‌کنند نیاز به دسترسی مجاز (به‌عنوان مثال با کلید، کلمه عبور/ تراپاسخگر) باشد، سازنده باید اطلاعات لازم را درباره نحوه ایمن کارکردن ماشین در ناحیه خطر لیزر ارائه کند (به استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ مراجعه شود).

با استفاده از کنترل‌های مهندسی و اداری، شامل تجهیزات حفاظت فردی (PPE)^۲، باید پرتوگیری بالاتر از بیشینه پرتوگیری مجاز (MPE) در ناحیه کنترل‌شده از بین برود. سازنده باید اطلاعات زیر را برای کاربر فراهم کند:

- اقدامات مهندسی: توقف اضطراری در ناحیه خطر لیزر؛
- اقدامات سازمانی: احراز صلاحیت کارکنان مجاز به دسترسی به منطقه خطر لیزر، که به‌معنی سطح آموزش و تربیت کارکنان و درباره دستورالعمل‌های ایمنی ارائه شده به کارکنان است،
- تجهیزات حفاظت فردی (PPE): تجهیزات حفاظتی فردی الزامی (نوع، سطح حفاظت)

مثال- لازم است که مهندسين نگهداری و تعمیر در ناحیه حفاظت‌شده‌ای با خطر لیزر یا در ناحیه‌ای که پرتوگیری در آن بیشتر از MPE باشد، کار کنند. اقدامات حفاظتی، علاوه بر وسایل فنی و اداری، شامل تجهیزات حفاظتی فردی کافی (محافظ چشم در مقابل لیزر، پوشش محافظتی) هستند.

1- Transponder

2- Personal Protective Equipment

۳-۳-۵ اقدامات ایمنی در برابر خطرهای تابش لیزر

یادآوری- در ادامه، الزامات اقدامات ایمنی در برابر خطرهای تابش لیزر آورده شده است.

۱-۳-۳-۵ الزامات طراحی برای اقدامات ایمنی

برای تمام ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری، بدون توجه به دسترسی محدود یا کنترل‌شده، الزامات زیر باید برآورده شوند:

الف- ماشین لیزر باید به وسایل حفاظتی مجهز شده باشد تا از جداسازی ایمن باریکه لیزر اطمینان حاصل شود (به‌عنوان مثال به‌وسیله دریچه ایمنی یا غیرفعال‌سازی به‌وسیله قطع برق دیوده‌های پمپاژ)،

ب- در صورتی که حضور افراد در منطقه خطر درحالی‌که ماشین کار می‌کند، اجتناب‌ناپذیر باشد (به‌عنوان مثال حین نگهداری و تعمیر)، ماشین باید به سوئیچی مجهز شده باشد که حرکت لیزر در ماشین، جهت باریکه لیزر و جداسازی باریکه لیزر را امکان‌پذیر می‌کند. به زیربند ۵-۳-۳-۵ مراجعه شود.

پ- طراحی وسایل حفاظتی، مانند سوئیچ‌ها، دریچه‌ها، وسایل پراکنده‌کننده باریکه و وسایل بازدارنده/تضعیف‌کننده باید الزامات مشخص شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ و استاندارد ISO 12100: 2010 را برآورده کند. از یک وسیله حفاظتی تکی می‌توان برای حفاظت هم‌زمان در برابر بیش از یک خطر، استفاده کرد.

ت- بدنه‌های محافظ (محدودکننده‌ها) موضوع پیوست D استاندارد IEC 60825-4: 2006 نمی‌باشند، اما باید از جهات دیگر مطابق با استاندارد IEC 60825-4: 2006 یا استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ باشد. حفاظ‌های لیزر (قسمتی از بدنه محافظ نیست) باید مطابق با الزامات مشخص شده در پیوست D استاندارد IEC 60825-4: 2006 باشد.

ث- در صورت استفاده از حفاظ‌های فعال (به‌عنوان مثال مجهز به حسگر) در درون محدودکننده یا حفاظ‌گذاری، قطعه باید به‌طور مجتمع در کنترل ایمنی (SRP/CS) ماشین فراوری‌کننده لیزری قرار گرفته باشد. الزامات حفاظ‌های فعال در پیوست D استاندارد IEC 60825-4: 2006 مشخص شده است. سازنده باید سطح عملکرد^۱ (PL) به‌دست‌آمده (مطابق با استاندارد ISO 13849-1:2015) یا سطح یکپارچگی ایمنی (SIL)^۲ به‌دست‌آمده (مطابق با استاندارد IEC 62061:2005) و زمان واکنش سامانه برای جداسازی باریکه لیزر را ارائه کند و باید اطمینان حاصل کند که مقاومت غیرفعال درمقابل لیزر (زمان) حفاظ/ پنجره‌ها نسبت به زمان واکنش سامانه، مناسب (طولانی‌تر) است.

1- Performance level

2- Safety Integrity Levels

یادآوری ۱- حفاظ‌های غیرفعال لیزر: حفاظ لیزر که عملکرد آن فقط به خصوصیات فیزیکی آن متکی است. از این حفاظ‌ها هنگامی استفاده می‌شود که مقاومت فیزیکی مواد در برابر لیزر برای زمان کنترل معین و حد پرتوگیری قابل‌پیش‌بینی (FEL) مناسب باشد (به استاندارد IEC 60825-4: 2006 مراجعه شود).

یادآوری ۲- حفاظ‌های فعال لیزر: در صورتی که نتوان حد پرتوگیری قابل‌پیش‌بینی (FEL) را به مقداری کاهش داد که مواد معمول حفاظ‌گذاری، حفاظت مناسب را به شکل حفاظ غیرفعال لیزر فراهم کنند، می‌توان از حفاظ فعال لیزر استفاده کرد (به استاندارد IEC 60825-4: 2006 مراجعه شود).

یادآوری ۳- در پیوست E استاندارد IEC 60825-4: 2006 راهنمایی‌های درباره چیدمان و نصب حفاظ‌های لیزر و در پیوست F آن، اطلاعاتی برای ارزیابی مناسب بودن حفاظ‌های لیزر ارائه شده است.

ج- سامانه انتقال باریکه یا بخش‌های یک سامانه انتقال باریکه باید مطابق با الزامات مشخص شده در پیوست G استاندارد IEC 60825-4: 2006 باشند.

چ- هر وقت و هر کجا که چندین منبع لیزر وجود داشته باشد [به‌عنوان مثال از یک لیزر پشتیبان، تقسیم‌کننده انرژی^۱ (شکافنده باریکه) یا تقسیم‌کننده زمان (تغییر مسیر باریکه)] کنترل‌های ایمنی برای هر ایستگاه کاری، منطقه فرایند یا منطقه خطر لیزر باید به‌طور خودکار به هر منبع لیزر متصل یا مربوط شده باشد، به طوری که هنگامی که قفل‌های همبندی^۲ یا توقف‌های اضطراری ایستگاه یا دیگر حسگرهای وسیله حفاظتی فعال می‌شوند، هیچ انرژی خطرناک لیزری نتواند به سمت آن ایستگاه یا منطقه، منتشر شود.

یادآوری ۴- ممکن است ماشین لیزر تحت شرایط توصیف شده برای مدهای حفاظت، نگهداری و تعمیر یا تنظیم در مد مداخله دستی کار کند.

۵-۳-۲ حفاظت در برابر خطرهای تابش لیزر در طی مد تولید

منطقه اصلی خطر معمولاً منطقه فرایند می‌باشد، اما منطقه خطر باید با ارزیابی ریسک تعیین شود. ارزیابی ریسک باید نشان دهد که باید از کدام نوع از حفاظ‌گذاری (حفاظت موضعی یا حفاظت محیطی) استفاده شود. نوع کاربرد حفاظ‌گذاری به طراحی ماشین و حفاظ‌ها بستگی دارد (همچنین به پیوست F استاندارد IEC 60825-4: 2006 مراجعه شود).

حفاظت موضعی، یک روش حفاظ‌گذاری برای کاهش تابش لیزر و تابش اپتیکی همراه آن، تا یک سطح ایمن براساس ارزیابی ریسک است بدون آن که قطعه کار، نگهدارنده قطعه کار و/یا سامانه حرکت لیزر در ماشین را کاملاً محصور کند (به‌عنوان مثال به وسیله نازل یا حفاظ کوچکی که نزدیک به کانون باریکه بر روی قطعه کار نصب شده است).

1- Energy share multiplex
2- Interlocks

مثال ۱- برای سامانه‌های حکاکی لیزری مجتمع شده در یک ماشین پیچیده بسته‌بندی یا خط ریختن پرکردن بطری کاربرد دارد.

حفاظت محیطی، یک روش حفاظ‌گذاری برای کاهش تابش لیزر و تابش اپتیکی همراه آن، تا یک سطح ایمن براساس ارزیابی ریسک است که به‌وسیله یک یا چند حفاظ فاصله‌دار (به‌عنوان مثال محدودکننده حفاظتی یا اتاقک لیزر) انجام می‌شود که قطعه‌کار، نگهدارنده قطعه‌کار و، معمولاً، بیشتر سامانه حرکت لیزر در ماشین را محصور می‌کنند.

مثال ۲- برای سامانه‌های برش لیزری، ماشین‌های ریزماشین‌کاری لیزری^۱ و ساخت افزایشی با لیزر^۲ کاربرد دارد.

نوع حفاظت و الزامات حفاظ‌گذاری به عوامل مختلفی، برای مثال موارد زیر، بستگی دارد (همچنین به پیوست F استاندارد 2006: IEC 60825-4: 2006 مراجعه شود):

الف- توان تعیین کننده پارامترهای لیزر، (به‌عنوان مثال توان لیزر، دیرش^۳ تپ، انرژی تپ، آهنگ تکرار، طول موج)؛

ب- اجزای اپتیکی (به‌عنوان مثال، فاصله کانونی)، که به چگالی تابشی یا چگالی انرژی بر روی قطعه‌کار یا حفاظ منجر می‌شود؛

پ- جهت (ثابت یا متغیر) انتشار باریکه با توجه به قطعه‌کار، (که با اجزای اپتیکی استاتیک یا اپتیک پویاگر کار می‌کند)؛

ت- نوع عملیات ماشین‌کاری (برش‌کاری، جوش‌کاری و غیره)، (به‌عنوان مثال سامانه جابه‌جایی یا ربات: ابعاد، تعداد محورها، سر لیزر)؛

ث- ماده و شکل قطعه‌کاری که فراوری می‌شود، (به‌عنوان مثال اندازه قطعه‌کار، شکل)؛

ج- نگهدارنده قطعه‌کار، (به‌عنوان مثال نگهدارنده دستی/خودکار و متصل برای مثال برای تیوب‌ها/شیلنگ‌ها، نگهدارنده منفصل)؛

چ- قابلیت دید منطقه فرایند (به‌عنوان مثال نوع پنجره لیزر: فعال/غیرفعال، فرایندی که با سامانه دوربین و پویاگر مشاهده می‌شود).

1- Micromachining laser machines

2- Laser additive manufacturing

3- Duration

۵-۳-۳-۳ حفاظت در برابر خطرهای تابش لیزر حین مُد تنظیم (آموزش، برنامه‌نویسی مسیر و تصدیق برنامه بدون فراوری کردن)

در حین مُد تنظیم، باید از قرار گرفتن افراد در معرض تابش لیزر بیشتر از حد گسیل قابل‌دسترس (AEL) برای لیزرهای کلاس 1 جلوگیری شود، به استثنای تابش لیزر گسیل شده در گستره طول‌موج ۴۰۰ nm تا ۷۰۰ nm که قرارگیری افراد در معرض تابش لیزر نباید بیشتر از حد گسیل قابل‌دسترس (AEL) برای لیزرهای طبقه 3R باشد.

یادآوری- حدود پرتوگیری برای چشم و پوست کارکنان در محل کار و عموم مردم در قوانین و ضوابط ملی مشخص شده‌اند. در صورتی که این حدود پرتوگیری تعیین شده در ضوابط ملی که به‌طور قانونی الزام شده‌اند، با بیشینه پرتوگیری‌های مجاز (MPES) ارائه شده در پیوست الف استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ متفاوت باشند، آنگاه تابش گسیل شده در گستره طول‌موج ۴۰۰ nm تا ۷۰۰ nm هنگام قرارگیری افراد در معرض تابش لیزر می‌تواند به حد گسیل قابل‌دسترس (AEL) برای لیزرهای طبقه 2 محدود شود.

۵-۳-۳-۴ حفاظت در برابر خطرهای تابش لیزر حین مُد نگهداری و تعمیر

در حین مُد نگهداری و تعمیر، گاهی اوقات قرارگیری افراد در معرض تابش لیزر در سطحی بیشتر از حد گسیل قابل‌دسترس (AEL) برای لیزرهای طبقه 1، اجتناب‌ناپذیر است. در این صورت ماشین‌ها باید با توجه به چهار وضعیت زیر (به ترتیب اولویت ارائه شده‌اند) طراحی شوند و باید اقدامات ایمنی مناسب منظور شوند:

الف- نگهداری و تعمیر در بیرون ناحیه خطر لیزر انجام می‌شود (مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱)؛ هیچ حفاظت اضافه‌ای نیاز نیست.

ب- نگهداری و تعمیر در ناحیه خطر لیزر که دسترسی به آن به همان نحو حین تولید کنترل می‌شود، انجام می‌شود؛ اقدامات حفاظتی ردیف پ اعمال می‌شود.

پ- نگهداری و تعمیر در ناحیه خطر لیزر انجام می‌شود (به‌عنوان مثال با حفاظ‌های باز که به‌طور معمول حین تولید بسته هستند) اما تابش قابل‌دسترس لیزر از حد گسیل قابل‌دسترس (AEL) برای لیزرهای طبقه 1 بیشتر نمی‌شود.

پرتوگیری بیشتر از حد گسیل قابل‌دسترس (AEL) برای لیزرهای طبقه 1 باید با اقدامات ایمنی و به‌طور برجسته با اقدامات ایمنی مهندسی مشخص شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱، به‌عنوان مثال تجهیزات حفاظتی برای آشکارسازی حضور افراد مانند وسایل حفاظتی اپتوالکترونیکی (پوشش لیزری)، جلوگیری شود. اگر قسمت‌های ماشین با سامانه کنترل ایمنی یکپارچه شده باشد، الزامات مشخص شده در استاندارد ISO 13849-1: 2015 و/یا استاندارد ISO 62061: 2005 باید برآورده شوند.

اقدامات ایمنی ادرازی (قفل کردن / مسدود کردن: LOTO^۱)، به عنوان مثال قفل کردن (به عنوان مثال با یک قفل آویز) در اتاقک لیزر به طوری که در / قفل همبندی باز باشد و بنابراین از پرتوگیری بالاتر از حد گسیل قابل دسترس (AEL) برای لیزرهای طبقه 1 توسط قسمت‌های مربوط به ایمنی سامانه‌های کنترل (SRP/CS) جلوگیری شود، باید به عنوان ندبیر فرعی استفاده شود.

پ- نگهداری و تعمیر در منطقه‌های خطر، به عنوان مثال به دلیل آن که نیاز است حفاظها (که معمولاً در حین تولید بسته هستند) باز شوند، انجام می‌شود. در این حالت تابش قابل دسترس لیزر از حد گسیل قابل دسترس (AEL) برای لیزرهای طبقه 1 بیشتر می‌شود. در صورتی که نگهداری و تعمیر در ناحیه خطر لیزر انجام می‌شود الزامات زیربند ۵-۳-۲-۳ باید برآورده شوند.

سازنده باید طبقه مؤثر تابش قابل دسترس لیزر نشان داده شده توسط حد گسیل قابل دسترس (AEL) هنگامی که ماشین در مُد نگهداری و تعمیر کار می‌کند، و روش‌های اجرایی ایمنی توصیه شده برای هر یک از این وضعیت‌ها را مشخص کند.

۵-۳-۳-۵ حفاظت در برابر خطر تابش لیزر به وسیله سوئیچ انتخاب‌گر مُد عملیاتی

سوئیچ انتخاب‌گر مُد عملیاتی، انتخاب عملکردهای ماشین را که توسط سطوح ریسک مختلف مشخصه‌یابی شده‌اند را با توجه به خطرهای تابش لیزر امکان‌پذیر می‌سازد؛ به عنوان مثال مُد استفاده عادی / خودکار در مقابل مُد نگهداری و تعمیر.

سازنده باید بر مبنای ارزیابی ریسک، الزامات سوئیچ انتخاب‌گر مُد عملیاتی و الزامات کنترل اجازه دسترسی به آن را تعیین کند.

در صورتی که ممکن است انتخاب مُد به عملکرد غیرایمن ماشین منجر شود (به عنوان مثال با انتخاب غیرمجاز یا اشتباه مُد نگهداری و تعمیر که منجر به حد گسیل قابل دسترس (AEL) خطرناکی از تابش لیزر می‌شود)، سوئیچ انتخاب‌گر مُد عملیاتی باید قفل‌شدنی باشد و در کنترل ایمنی ماشین مجتمع شده باشد. الزامات سوئیچ انتخاب‌گر مُد عملیاتی (در اینجا PL_r) باید مطابق با استاندارد ISO 13849-1: 2015 و/یا استاندارد ISO 12100: 2010 تعیین شده باشند.

یادآوری- در صورت مقتضی، می‌توان از یک سوئیچ انتخاب‌گر مُد عملیاتی برای جلوگیری از دست‌کاری استفاده کرد (همچنین به استاندارد ISO 14119: 2013 مراجعه شود).

1- Lock-Out/Tag-Out

2- Required Performance Level

۴-۳-۵ اقدامات کنترل مهندسی

- اقدامات کنترل مهندسی با توجه به طراحی و کنترل‌ها در زیر آورده شده‌اند:
- سازنده باید از اصول کلی طراحی، ارزیابی ریسک و کاهش ریسک برای ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری که در استاندارد ISO 12100: 2010 شرح داده شده‌اند، پیروی کند.
 - الزامات عمومی ایمنی تجهیزات الکتریکی ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری که در استاندارد IEC 60204-1:2016 توصیف شده است، باید رعایت شود.
 - کنترل‌های روشن کردن/ توقف ماشین فراوری‌کننده لیزری باید مطابق با الزامات مشخص شده در استانداردهای ISO 60204-1: 2016 و ISO 13849-1:2015 باشند.
 - کنترل‌های توقف اضطراری باید مطابق با الزامات مشخص شده در استانداردهای ISO 13850: 2012 و IEC 60204-1: 2016 باشند.
 - قسمت‌های مرتبط با ایمنی سیستم‌های کنترل ماشین‌های فراوری‌کننده لیزری باید مطابق با الزامات ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ و استانداردهای IEC 60204-1:2016، ISO 13849-1:2015 یا ISO 62061:2005 باشند. باید یک ارزیابی ریسک مطابق با استاندارد ISO 12100: 2010 انجام شود.
 - این تخمین ریسک برای آسیب به بینایی، دست‌کم به یک سطح عملکرد مورد نیاز $PL_r = c$ یا سطح یکپارچگی ایمنی $SIL = 1$ منجر می‌شود. اگر چگالی تابشی یا چگالی انرژی از ده برابر حد گسیل قابل‌دسترس (AEL) برای لیزرهای طبقه 1 تعریف شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ بیشتر باشد، در این صورت یک سطح عملکرد $PL_r = d$ لازم است.
 - تمهیدات برای جداسازی ایمن باریکه لیزر باید مطابق با الزامات بیان شده در زیربند ۳-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ (شرایط تک‌اشکال به‌طور معقولی قابل‌پیش‌بینی برای عملکرد عادی) طراحی شده باشد.

۶ تصدیق الزامات ایمنی و اقدامات کاهش ریسک

- سازنده باید موارد زیر را تصدیق کند:
- تصدیق الزامات ایمنی اقدامات کاهش ریسک برای ماشین فراوری‌کننده لیزر و صحنه‌گذاری طراحی و عملکرد ماشین فراوری‌کننده لیزر باید مطابق با استانداردهای مرتبط مندرج در جدول ۲، انجام شده باشد.
- ارزیابی ریسک باید تصدیق شود تا اطمینان حاصل شود که تمام خطرها و شرایط اشکال به‌طور منطقی قابل‌پیش‌بینی، شناسایی می‌شوند و، در صورت لزوم، اقدامات اصلاحی اتخاذ شده است.

تصدیق و صحه‌گذاری الزامات ایمنی و اقدامات کاهش ریسک شامل موارد زیر است، اما محدود به آن‌ها نمی‌شود:

- الف- بازرسی چشمی؛
 - ب- بازرسی عملی/آزمون‌های عملکردی؛
 - پ- اندازه‌گیری‌ها؛
 - ت- نظارت حین عملکرد؛
 - ث- تصدیق نمودارها برای کاربردهای ویژه^۱، نقشه‌های مدارها و مدارک طراحی،
 - ج- تصدیق سخت‌افزار و نرم‌افزار برای کاربرد ویژه مرتبط با ایمنی یا مستندات نرم‌افزاری (SRP/CS)؛
 - چ- تصدیق ارزیابی ریسک (شامل، ارزیابی‌ها، محاسبه‌ها)؛
 - ح- تصدیق شرح تفصیلی، نقشه‌های جانمایی و شرح مونتاژ؛
 - خ- تصدیق مقادیر ویژگی‌ها و اطلاعات برای کاربر،
- یادآوری- به جدول ۲ مراجعه شود.

تصدیق اقدامات کاهش ریسک در برابر خطرهای تابش لیزر به مسائل مختلف فنی بستگی دارد. در جدول ۲ اطلاعاتی درباره الزامات/ اقدامات ایمنی و روش تصدیق/ صحه‌گذاری ارائه شده است و به استانداردهای کاربردی ارجاع داده می‌شود.

جدول ۲- روش‌های تصدیق الزامات/اقدامات ایمنی

استاندارد مرتبط	روش تصدیق و/یا صحه‌گذاری									الزامات و/یا اقدامات ایمنی	زیربند
	خ	ح	چ	ج	ث	ت	پ	ب	الف		
										طبقه‌بندی لیزری ماشین	۱-۵
استاندارد ملی ایران شماره ۳۵۰۱-۱	X		X				X			نشانگر طبقه لیزر برای هر مُد عملیاتی	۳-۵
استاندارد ملی ایران شماره ۳۵۰۱-۱	X		X		X	X				تحقق کنترل دسترسی به ناحیه خطر لیزر	۳-۳-۵
استاندارد ملی ایران شماره ۳۵۰۱-۱	X		X					X	X	اقدامات کنترل اجازه	۳-۲-۳-۵
										عملکرد مرتبط با ایمنی حفاظها	۳-۳-۵
استاندارد IEC 60825-4: 2006 یا استاندارد ملی ایران شماره ۳۵۰۱-۱			X							حد پرتوگیری قابل پیش‌بینی (FEL)	۲-۳-۳-۵
استاندارد IEC 60825-4: 2006 یا استاندارد ملی ایران شماره ۳۵۰۱-۱					X	X	X			حد پرتوگیری مجاز (PEL)	۲-۳-۳-۵
استاندارد IEC 60825-4: 2006 یا استاندارد ملی ایران شماره ۳۵۰۱-۱						X	X		X	طراحی محدودکننده/حفاظ‌های بدون شکاف	۲-۳-۳-۵
										تجهیزات الکتریکی مرتبط با ایمنی	۴-۳-۵
IEC 60204-1: 2016					X			X	X	طراحی تجهیزات الکتریکی	۴-۳-۵
IEC 60204-1: 2016					X	X		X		طراحی عملکردهای توقف و نشانگر وضعیت‌های توقف	۴-۳-۵
IEC 60204-1: 2016					X			X	X	توقف اضطراری	۴-۳-۵
										عملکرد مرتبط با ایمنی SRP/CS	۱-۵ الی ۵-۳-۳-۵

استاندارد مرتبط	روش تصدیق و/یا صحه‌گذاری									الزامات و/یا اقدامات ایمنی	زیربند
	خ	ح	چ	ج	ث	ت	پ	ب	الف		
استاندارد IEC 60825-4: 2006 یا استاندارد ملی ایران شماره ۳۵۰۱-۱ استاندارد ISO 13849-2: 2012	X		X	X	X				X	نشانه‌گر سطح عملکرد (PL) موردنیاز، و سطح عملکرد (PL) به‌دست‌آمده (هر عملکرد ایمنی برای جداسازی تابش لیزر)	۲-۳-۳-۵
استاندارد IEC 60825-4: 2006 یا استاندارد ملی ایران شماره ۳۵۰۱-۱ استاندارد ISO 13849-2: 2012			X	X	X				X	تحقق انتخاب مُد عملیاتی	۵-۳-۳-۵
										یرچسب‌گذاری ایمنی	
استاندارد ملی ایران شماره ISO 3864 ۳۵۰۱-۱	X		X		X				X	یرچسب‌گذاری علائم ایمنی	۸

۷ اطلاعات برای استفاده

سازنده باید الزامات مندرج در زیربند 6.4 استاندارد ISO 12100: 2010 را با تهیه فصل «اطلاعات برای استفاده» برآورده کند.

توصیه می‌شود سازنده الزامات مندرج در استاندارد IEC/IEEE 82079-1: 2019 را در نظر بگیرد.

اطلاعات برای استفاده (راهنما) از ماشین لیزر باید دست‌کم شامل مسائل مربوط به خطرهای تابش لیزر زیر باشد.

سازنده باید موارد زیر را انجام دهد:

- استفاده عادی از ماشین و همه مُدهای عملیاتی دیگر در نظر گرفته شده برای ماشین فراوری‌کننده لیزری را تعیین کند.
- ریسک‌های باقی‌مانده یا خطرهای مربوط به تابش لیزر را به‌ترتیب برای تمام مراحل عمر ماشین و برای هر مُد عملیاتی قابل‌استفاده را تشریح کند و باید به‌ترتیب سطح تابش لیزر قابل‌دسترس یا طبقه لیزر را نشان دهد (مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱).
- به‌وسیله یک عبارت هشدار که که به‌طور برجسته در دستورالعمل‌های کاربر و/یا راهنمای کارور قرار داده شده است به کاربرها درباره خطرهای بالقوه تابش لیزر اطلاع دهد.

- برای همه مدهای عملیاتی، شامل، در صورت کاربرد برای مُد تنظیم، مُد مداخله دستی و مُد نگهداری و تعمیر، اطلاعاتی در الزامات ایمنی لیزر بگنجانند. این اطلاعات باید شامل نکات عمومی درباره موارد زیر باشد:
- اقدامات حفاظتی فنی؛
- اقدامات حفاظتی سازمانی؛
- اقدامات حفاظتی فردی، یا تجهیزات حفاظتی فردی، به ترتیب.
- در صورت نیاز، الزامات یا تجهیزات حفاظت فردی لازم را مشخص کند و به استانداردهای مربوط ارجاع دهد؛ مانند
- اقدامات حفاظتی فنی و سازمانی: استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱،
- حفاظهای لیزر: استاندارد IEC 60825-4: 2006،
- قسمت‌های مربوط به ایمنی سامانه‌های کنترل (SRP/CS) برای جداسازی ایمن تابش لیزر: استاندارد 2015: ISO 13849-1، استاندارد 2012: ISO 13849-2 (و/یا استاندارد IEC 62061:2005)،
- محافظ چشم در مقابل لیزر: استاندارد EN 207: 2017.
- اطلاعات کافی و مناسب درباره چگونگی کارکردن ماشین فراوری کننده لیزری در دیگر مدهای عملیاتی غیر از استفاده عادی، بدون قرار گرفتن در معرض خطرات لیزر را فراهم کند؛ به ویژه اگر تجهیزات ایمنی برچیده یا کنار گذاشته می‌شوند دستورالعمل‌های استفاده از اقدامات حفاظتی مناسب شامل تجهیزات حفاظتی فردی باید ارائه شوند.
- تعیین کند کدام اقدامات کنترل اجازه (برای ورود به ناحیه خطر لیزر) ایجاد می‌شوند و باید رعایت شوند در صورتی که دسترسی به تابش خطرناک لیزر بتواند امکان‌پذیر باشد.
- در صورت نیاز، سطح احراز صلاحیت کارکنان (مربوط به ایمنی لیزر)، به دست آمده با آموزش و تربیت و دستورالعمل‌ها، که برای انتخاب مُد عملیاتی مشخصی لازم است و/یا براساس تابش لیزر قابل دسترس یا مکان، که در آن ماشین فراوری کننده لیزری در آن کار می‌کند، (به جدول ۱ مراجعه شود) ضروری است، تعیین کند.

۸ برچسب‌گذاری

- ماشین فراوری کننده لیزری باید با در نظر گرفتن خطرهای تابش لیزر به صورت زیر برچسب‌گذاری شود:
- الف- هر ماشین فراوری کننده لیزری باید مطابق با مجموعه استانداردهای ISO 3864 برچسب‌گذاری شود.

- علائم ایمنی (علائم ممنوعیت/ هشدار/ ماشین)؛
 - رنگ‌ها، اندازه‌ها و سبک‌های چاپ برچسب‌ها باید مطابق با مجموعه استانداردهای ISO 3864 اصول طراحی برای برچسب‌های ایمنی محصولات را رعایت کنند؛
 - برچسب‌های تابش لیزر باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱ باشند.
- ب- محل برچسب‌ها باید از الزامات زیر پیروی کنند:**
- اندازه و مکان برچسب‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که از بیرون منطقه‌های خطر قابل خواندن باشند بدون آن‌که هیچ فردی در معرض هیچ خطر تابش لیزر بیان شده در بند ۴ قرار بگیرد.
 - در صورتی که برای مدهای عملیاتی مختلف به مجموعه‌های مختلفی از علائم ایمنی نیاز باشد (به‌عنوان مثال برای استفاده عادی یا نگهداری و تعمیر)، باید به‌صورت شفاف مشخص شده باشد که برای کدام مُد عملیاتی، کدام مجموعه از علائم ایمنی قابل‌استفاده است.
- یادآوری-** علاوه بر برچسب‌گذاری الزام شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱، در صورتی که مطابق با ارزیابی ریسک ضروری باشد، ماشین فراوری‌کننده لیزری، می‌تواند با برچسب‌های احتیاط و هشدار مناسب دیگری برچسب‌گذاری شود (به‌عنوان مثال علائم هشدار درباره مواد مضر یا تابش ناهمدوس^۱).

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

خطرهای بالقوه

الف-۱ کلیات

در این پیوست، مثال‌هایی در مورد خطرهایی غیر از خطرهای مربوط به لیزر که باید در نظر گرفته شوند، ارائه شده است.

برای همه خطرهای بیان شده در این پیوست، الزامات مندرج در استاندارد ISO 12100: 2010 کاربرد دارد.

الف-۲ خطرهای ذاتی که از ماشین‌های فرآوری‌کننده لیزری ناشی می‌شوند، اما موضوع این استاندارد نیستند

الف- خطرهای مکانیکی؛

ب- خطرهای الکتریکی؛

پ- خطرهای گرمایی؛

ت- خطرهای ارتعاش؛

ث- خطرهای میدان الکترومغناطیسی؛

ج- خطرهای تابش ثانویه، از قبیل

۱- خطرهای ناشی از تابش یون‌ساز (پرتوهای ایکس)؛

۲- خطرهای ناشی از تابش ناهمدوس فرعی (فرابنفش، ریزموج و غیره) که به‌عنوان مثال به‌وسیله

لامپ‌های پرنور^۱، تیوب‌های تخلیه^۲ منابع تغذیه با فرکانس رادیویی^۳ تولید می‌شوند؛ و

۳- خطرهای ناشی از تابش ثانویه ناشی از اثر باریکه لیزر (ممکن است طول‌موج تابش ثانویه

متفاوت از طول‌موج باریکه باشد)؛

چ- خطرهای ایجاد شده ناشی از نادیده‌گرفتن اصول ارگونومی در طراحی ماشین؛

ح- خطرهای نوفه.

1- Flash lamps
2- Discharge tubes
3- RF-power sources

الف-۳ مثال‌هایی از محصولات جانبی فراوری لیزری

الف-۳-۱ کلیات

در ادامه مثال‌هایی از برخی از رایج‌ترین محصولات جانبی فراوری مواد با استفاده از لیزر آورده شده است. این مثال‌ها تنها برای اطلاع ارائه شده‌اند و فراگیر نیستند.

الف-۳-۲ فراوری سرامیک

اکسیدهای آلومینیم (آلومینا^۱)، منیزیم، کلسیم و سیلیکون. اکسید برلیم (بسیار سمی).

الف-۳-۳ فراوری مواد سیلیکونی

بقایای Si و SiO معلق در هوا (قابل تنفس؛ می‌تواند موجب سیلیکوزیس^۲ شود)

الف-۳-۴ فراوری فلزات

از دیدگاه پزشکی، دست‌کم فلزات زیر و ترکیب‌های آن‌ها با موضوع مرتبط است:

Mn, Cr, Ni, Co, Al, Zn, Cu, Be, Pb, Sb.

اثرهای پزشکی به صورت زیر است:

الف - سمی: Cr^{6+} , Mn, Co؛

ب - آلرژی، تب گردوغبار داغ فلزی^۳: Zn, Cu

پ - فیبروز ریه: Be؛

ت - سرطان‌زا: Cr^{6+} , NiO.

برلیم بسیار خطرناک است. دوده‌های فلزات سنگین به‌عنوان مثال هنگام فراوری آلیاژهای Ni و Cr ایجاد می‌شوند. ترکیب شیمیایی دودها تقریباً با ماده فراوری شده مرتبط است. مواد (به‌عنوان مثال پوشش‌ها) و عناصر آلیاژی با دمای تبخیر پایین‌تر، بیشتر ظاهر می‌شوند.

1- Alumina
2- Silicosis
3- Metal fume fever

در کاربرد لحیم کاری نرم و سخت^۱ می توان انتظار داشت که بخارهای گرد و غبار فلزی با شار کم و محصولات جانبی ایجاد شوند.

الف-۳-۵ فراوری پلاستیک

در فراوری پلاستیک با لیزر، انواع مختلفی از مواد بالقوه خطرناک می توانند منتشر شوند. در دماهای پایین، هیدروکربن های الیفاتیک^۲ تولید می شوند، در حالی که دماهای بالاتر منجر به افزایش هیدروکربن های آروماتیک^۳ (مانند بنزن، PAH^۴) و هیدروکربن های چند هسته ای چند هالوژنی^۵ (به عنوان مثال دی اکسین ها^۶، فوران ها^۷) می شود. مواد خاصی می توانند موجب انتشار سیانیدها^۸، ایزوسیانات ها^۹ (پلی اورتان^{۱۰})، آکریلات ها^{۱۱} (PMMA^{۱۲}) و هیدروژن کلرید (PVC)^{۱۳} شوند.

اثرهای پزشکی شامل موارد زیر است:

الف - سمی: سیانیدها، CO، مشتقات بنزن؛

ب - آلرژی زاها/ التهاب آورها: ایزوسیانات ها، آکریلات ها؛

پ - تحریک مجرای تنفسی: فرمالدئیدها^{۱۴}، آکرولئین ها^{۱۵}، آمین ها^{۱۶}؛

ت - سرطان زا: بنزن، برخی پلی آروماتیک هیدروکربن ها (PAHs).

الف-۳-۶ فراوری کاغذ و چوب

محصولات جانبی سلولزی استاندارد، استرها^{۱۷}، اسیدها، الکل ها و بنزن.

- 1- Soldering and brazing
- 2- Aliphatic hydrocarbons
- 3- Aromatic hydrocarbons
- 4- Poly-Aromatic Hydrocarbon
- 5- Polyhalogenated polynuclear hydrocarbons
- 6- Dioxins
- 7- Furanes
- 8- Cyanides
- 9- Isocyanates
- 10- Polyurethanes
- 11- Acrylates
- 12- PolyMethyl MethaCrylate
- 13- PolyVinilyChloride
- 14- Formaldehyde
- 15- Acrolein
- 16- Amines
- 17- Esters

الف-۳-۷ رفتار گرمایی

معمولاً هیچ محصول جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌شود، اما ممکن است بخارهای برخی فلزات سنگین تولید شود.

الف-۳-۸ موادی که ناخواسته تخریب می‌شوند

تولید محصولات جانبی خطرناک از مواد و اجسامی که ناخواسته توسط تابش لیزر تخریب می‌شوند (به‌عنوان مثال اجزای اپتیکی).

Zn، اکسیدهای Se.

الف-۴ مثال‌هایی از خطرهای تابش ثانویه

خطرهای تابش ثانویه شامل تابش اپتیکی از منطقه فرآوری، درباره موارد زیر آورده می‌شود:

الف- تخریب پلیمرها و انتشار دودها و گازهای سمی، به‌ویژه ازن؛

ب- خطرهای آتش یا انفجار مواد و اجسام قابل اشتعال؛

پ- پرتو ایکس ناشی از پلاسماها؛

یادآوری- تحت شرایط معینی، هنگامی که لیزرهای تپی موج کوتاه کار می‌کنند، ممکن است پرتو ایکس در نقطه فرآوری به وجود بیاید. بسته به ماده و پارامترهای لیزر، در بالای حدود چگالی تابشی مشخصی، ممکن است پرتو ایکس ایجاد شود. بسته به قوانین و مقررات ممکن است برای کاربر تعهداتی ایجاد شود.

پرتوگیری با پرتو ایکس در دُزهای بالا می‌تواند به تیرگی عدسی چشم و سرطان منجر شود. اقدام‌های احتیاطی پیشنهادی شامل موارد زیر هستند:

- محصور کردن نقطه فرآوری با موادی که برای پرتو ایکس غیرقابل نفوذ است،

- استفاده از پنجره‌های مشاهده با محافظت مناسب، و

- اجتناب از هر تغییری در بدنه‌های محافظ.

ت- خطرهای چشم‌ها و پوست ناشی از تابش فرابنفش گسیل شده و نور درخشان مرئی.

الف-۵ مثال‌هایی از خطرهای مکانیکی

قطعات متحرک ماشین می‌توانند منبع خطر باشند.

روبات‌ها می‌توانند در بدنه محافظ یک حفره ایجاد کنند، به سامانه انتقال لیزر یا باریکه آسیب برسانند و باریکه لیزر را به سوی کارور/ دیوار محدودکننده/ پنجره مشاهده منحرف کنند.

الف-۶ مثال‌هایی از خطرهای الکتریکی

الف-۶-۱ خطرهای اولیه

ولتاژهای بالا، انرژی ذخیره‌شده، قابلیت جریان بالا.

الف-۶-۲ خطرهای ثانویه

تولید میدان‌های تابشی الکترومغناطیسی از قطعات بدون روکش که تحت ولتاژ بسیار بالا قرار دارند.

الف-۷ مثال‌هایی از عیوب طراحی

طراحی یا موقعیت‌یابی ضعیف سوئیچ‌های قفل همبندی، مجموعه‌های سوئیچ، مدارهای قفل همبندی، لوله‌ها و شیرهای گاز.

محافظت‌های نامناسب سیم‌کشی و لوله‌های گاز در برابر تابش لیزر.

کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۶۹۲۲: سال ۱۳۹۵، ایمنی ماشین‌آلات - کاهش ریسک‌های ناشی از مواد خطرناک منتشرشونده به وسیله ماشین‌آلات بر روی سلامتی - قسمت ۱: اصول و خصوصیات برای سازندگان ماشین‌آلات
- [۲] استاندارد ملی ایران شماره ۲-۶۹۲۲: سال ۱۳۹۵، ایمنی ماشین‌آلات - کاهش ریسک سلامتی ناشی از مواد خطرناک منتشرشونده از ماشین‌آلات - قسمت ۲: روش‌شناسی منجر به صحت‌گذاری روش اجرایی
- [۳] استاندارد ملی ایران شماره ۷۳۸۷: سال ۱۳۹۹، ایمنی ماشین‌آلات - جلوگیری از راه افتادن غیرمنتظره
- استاندارد ملی ایران شماره ۷۳۸۸: سال ۱۳۹۵، ایمنی ماشین‌آلات - وسایل درهم‌قفل‌کننده مرتبط با حفاظ‌ها - اصول طراحی و انتخاب
- [۴] استاندارد ملی ایران ۸۵۶۷: سال ۱۳۹۵، پرتو غیر یونساز - حدود پرتوگیری
- [۵] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۱۵۰: سال ۱۳۸۷، ارگونومی محیط‌های حرارتی - روش‌های ارزیابی پاسخ‌های افراد به تماس با سطوح - قسمت ۱: سطوح داغ
- [۶] استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۳۵۴: سال ۱۳۹۷، لیزرها و تجهیزات مرتبط با لیزر - وسیله لیزر - حداقل الزامات برای مستندسازی
- [7] ISO 2631-1: 1997/Amd 1:2010, Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۴۳۶۸: سال ۱۳۷۶، مشخصات عمومی در ارزیابی مواجهه انسان با ارتعاش کامل بدن، با استفاده از استاندارد ISO 2631-1: 1985 تدوین شده است.
- [8] IEC 60601-2-22:2007+AMD1: 2012, CSV, Medical electrical equipment — Part 2-22: Particular requirements for basic safety and essential performance of surgical, cosmetic, therapeutic and diagnostic laser equipment
- [9] IEC/IEEE 82079-1: 2019, Preparation of information for use (instructions for use) of products — Part 1: Principles and general requirements
- [10] ISO 4007: 2012, Personal protective equipment — Eye and face protection — Vocabulary
- [11] EN 166: 2001, Personal eye-protection — Specifications
- [12] EN 167: 2001, Personal eye-protection — Optical test methods
- [13] EN 168: 2001, Personal eye-protection — Non-optical test methods
- [14] EN 169: 2002, Personal eye-protection — Filters for welding and related techniques — Transmittance requirements and recommended use

- [15] EN 170: 2002, Personal eye-protection — Ultraviolet filters — Transmittance requirements and recommended use
- [16] EN 171: 2002, Personal eye-protection — Infrared filters — Transmittance requirements and recommended use
- [17] EN 207: 2017, Personal eye-protection — Filters and eye-protectors against laser radiation (laser eye-protectors)
- [18] EN 208: 2009, Personal eye-protection — Eye-protectors for adjustment work on lasers and laser systems (laser adjustment eye-protectors)
- [19] EN 1093 (all parts), Safety of machinery — Evaluation of the emission of airborne hazardous substances
- [20] EN 12198-1, Safety of machinery — Assessment and reduction of risks arising from radiation emitted by machinery — Part 1: General principles
- [21] EN 12198-2, Safety of machinery — Assessment and reduction of risks arising from radiation emitted by machinery — Part 2: Radiation emission measurement procedure
- [22] EN 12198-3, Safety of machinery — Assessment and reduction of risks arising from radiation emitted by machinery — Part 3: Reduction of radiation by attenuation or screening