

۱. مقدمه

در محیط‌هایی که گازها، بخارها، مواد پودری و گرد و غبار انفجاری، مواد شیمیایی، نفت و گاز طبیعی وجود دارد، کوچکترین جرقه می‌تواند منجر به آتش‌سوزی یا انفجار شود. به همین دلیل، انتخاب تجهیزات الکتریکی و غیرالکتریکی مناسب برای این فضاها اهمیت بسیار زیادی دارد.



شکل ۱. محیط مستعد انفجار نیازمند تجهیزات ضد انفجار

تجهیزات ضد انفجار (Ex-ATEX) دستگاه‌ها و تجهیزاتی است که برای استفاده در محیط‌هایی که در آن احتمال وقوع انفجار و اشتعال وجود دارد، طراحی و ساخته شده‌اند و تجهیزات باید به گونه‌ای طراحی و تأیید شوند که احتمال ایجاد منبع اشتعال را به حداقل برسانند. شکل زیر نمونه‌ای از محیط‌های نیازمند تجهیزات ضد انفجار دارای برچسب Ex را نشان می‌دهد.

روی تجهیزات ضد انفجار، علائم و کدهایی درج می شود که مشخص می کند تجهیزات برای چه محیطی مناسب است، چه سطحی از حفاظت دارد و در چه شرایطی می توان از آن استفاده کرد. تجهیزات ضد انفجار می توانند براساس چارچوب های اصلی و شناخته شده IEC و ATEX (ATmosphères Explosibles) و NEC (National Electrical Code) و IEC (International Electrotechnical Commission) دسته بندی شوند. ATEX دستورالعمل های ایمنی تجهیزات در اتمسفر های انفجاری در اتحادیه اروپاست. NEC بر استاندارد تجهیزات الکتریکی در آمریکا متمرکز است و IEC استانداردهای در سطح جهانی است و دامنه وسیع تری از سیستم ها، قطعات و تجهیزات الکتریکی را شامل می شود. علائم این چارچوب ها به صورت ATEX و IECEx استفاده می شود. اگر این علائم درست تفسیر نشوند، احتمال انتخاب اشتباه تجهیزات و در نتیجه افزایش خطر حادثه وجود دارد. لذا شناخت آن ها ضروری است.

۱.۱. گواهینامه ATEX

علامت اختصاری ATEX مخفف عبارت فرانسوی Atmosphères Explosibles به معنای اتمسفرهای انفجاری است. این نام به مجموعه ای از دستورالعمل ها و الزامات اتحادیه اروپا برای کنترل خطر انفجار در محیط های کاری و تجهیزات مرتبط اشاره دارد که دو بخش اصلی دارد:

۱.۱.۱. دستورالعمل محیط کار ATEX 1999/92/EC

این بخش که با نام ATEX 137 نیز شناخته می شود، به ایمنی کارکنان در محیط های بالقوه انفجاری می پردازد. تمرکز آن بیشتر بر کارفرماها و مسئولان ایمنی است و مواردی زیر را پوشش می دهد.

- ارزیابی خطر انفجار
- تقسیم بندی نواحی خطرناک
- انتخاب تجهیزات مناسب
- نصب و نگهداری صحیح
- بازرسی های دوره ای

۱. ۱. ۲. دستورالعمل تجهیزات ATEX 2014/34/EU

این بخش که با نام ATEX 114 شناخته می شود، جایگزین دستورالعمل قدیمی EC/9/94 شده است. این دستورالعمل به تولیدکنندگان مربوط می شود و الزامات فنی، ایمنی و فرآیندهای ارزیابی انطباق را مشخص می کند. به عبارتی دیگر، اگر تجهیزاتی قرار است در بازار اتحادیه اروپا برای استفاده در محیط های مستعد انفجار عرضه شود، باید الزامات ATEX را برآورده کند.

۱. ۲. گواهینامه IECEx

علامت اختصاری IECEx مخفف عبارت زیر است:

International Electrotechnical Commission System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Explosive Atmospheres

به این معنی که، IECEx یک سیستم بین المللی صدور گواهی برای تجهیزات مورد استفاده در اتمسفر های انفجاری است. این سیستم با هدف تسهیل تجارت جهانی و ایجاد یک زبان مشترک برای تأیید تجهیزات ضد انفجار توسعه یافته است. IECEx بیشتر بر تجهیزات الکتریکی تمرکز دارد و برای بازارهای بین المللی بسیار پرکاربرد است. معمولاً از فرآیندهای ارزیابی و مستندسازی سخت گیرانه تری استفاده می کند و به مهندسان و خریداران کمک می کند تا سطح حفاظت تجهیزات را دقیق تر تشخیص دهند.

۲. شناخت برچسب علامت گذاری تجهیزات ضد انفجار

در یک برچسب معمولی ATEX/IECEx، چند بخش وجود دارد که هرکدام مفهوم خاصی دارند.

۱. ۲. علامت CE

علامت CE نشان می دهد که محصول توسط سازنده ارزیابی شده و با الزامات اساسی اتحادیه اروپا در زمینه ایمنی، سلامت و حفاظت محیط زیست سازگار است.

۲.۲. علامت Ex (Explosion protection)

نماد Ex نشان دهنده این است که تجهیزات برای استفاده در محیط های انفجاری طراحی شده است.

۲.۲.۱. گروه I

گروه I برای معادن طراحی شده است؛ به ویژه محیط .هایی که شامل گاز متان و گرد و غبار زغال سنگ هستند.

۲.۲.۲. گروه II

گروه II برای صنایع سطح زمین و محیط هایی با گاز، بخار یا مه استفاده می شود. این گروه به سه زیرگروه تقسیم می شود:

- گروه IIA : برای گازهایی با خطر کمتر، مانند پروپان
- گروه IIB : برای گازهایی با خطر متوسط، مانند اتیلن
- گروه IIC : برای گازهایی با خطر بالا، مانند هیدروژن و استیلن

۲.۲.۳. گروه III

گروه III برای گرد و غبار و ذرات معلق (Dust Groups) در صنایع سطح زمین گروه بندی جداگانه ای استفاده می شود و شامل سه زیرگروه است:

- گروه IIIA : الیاف و ذرات معلق قابل اشتعال
- گروه IIIB : گرد و غبار غیرهادی
- گروه IIIC : گرد و غبار هادی

۲.۳. گروه تجهیزات (Equipment Group)

گروه تجهیزات مشخص می کند تجهیزات برای چه نوع محیطی ساخته شده است:

- گروه I : تجهیزات برای معادن
- گروه II: تجهیزات برای محیط های صنعتی سطح زمین با گازها و بخارها
- گروه III: تجهیزات برای محیط های دارای گرد و غبار

۲.۴. دسته تجهیزات (Equipment Category)

دسته تجهیزات سطح حفاظت مورد نیاز را نشان می دهد. هرچه عدد دسته پایین تر باشد، سطح حفاظت بالاتر است.

۲.۵. نوع محیط (Environment / Atmosphere)

نوع محیط خطرناک را مشخص می کند:

- علامت G به معنی گاز، بخار یا مه
- علامت D به معنی گرد و غبار

۲.۶. نوع حفاظت (Protection Type)

نوع حفاظت به صورت یک یا دو حرف کوچک نمایش داده می شود و نشان می دهد تجهیزات با چه مکانیسمی از اشتعال جلوگیری می کند. به عنوان مثال:

- حرف d عبارت Flameproof enclosure به معنی محفظه غیر قابل اشتعال: در این نوع حفاظت، محفظه از نظر مکانیکی به گونه ای طراحی شده است که در برابر انفجار گاز درون محفظه مقاومت کرده و باعث پارگی بدنه نشود. همچنین در صورت احتراق درون محفظه، شعله عبوری به بیرون، در میان در و بدنه محفظه، خنک و خاموش شده و باعث اشتعال در بیرون محفظه نمی شود.

- حرف e عبارت Increased safety به معنی ایمنی افزایش یافته: فراهم کردن محافظت مضاعف توسط یک محفظه، به این معنی که بدنه دارای طراحی ایمنی برای ورود کابل به داخل بدنه است و در برابر ضربه مقاومت کافی دارد، و فواصل بین قطعات برق دار و غیر برق دار و همچنین کیفیت نوار آب بندی مناسب است.
- حرف i عبارت Intrinsic safety به معنی ایمنی ذاتی یافته: در این نوع حفاظت، تجهیزات الکتریکی، الکترونیکی یا مخابراتی به دلیل مصرف انرژی پایین، در شرایط عملیاتی عادی، خود به خود آتش نمی گیرند. (اطلاعات بیشتر درباره سایر حروف در منبع (۵).

۲.۷. کلاس دمایی (Temperature Classification)

کلاس دمایی نشان می دهد حداکثر دمای سطح تجهیزات چقدر است. این موضوع بسیار مهم است، چون دمای زیاد سطح تجهیزات می تواند باعث اشتعال گاز یا گرد و غبار اطراف شود. یکی از پارامترهای مهم تجهیزات ضد انفجار حداکثر دمای بدنه در شرایط کاری نرمال و بحرانی است. این پارامتر باید در حدود 10% تا 20% کمتر از دمای اشتعال گاز یا ذرات موجود در اتمسفر محیط مستعد انفجار باشد. به کمک کلاس حرارتی وسایل ضد انفجار و شناخت نوع گاز و یا ذرات موجود در اتمسفر می توان تجهیزات مناسب برای محیط را انتخاب نمود.

- کلاس حرارتی مربوط به گروه I : تجهیزات این گروه داری دو سطح دمایی هستند. یکی دما کمتر از 150°C و دیگری دمای کمتر از 450°C که با توجه به دمای اشتعال ذرات موجود در اتمسفر یکی از این دو نوع انتخاب می شوند.
- کلاس حرارتی مربوط به گروه II : روی برچسب تجهیزات این گروه حداکثر دمای سطح تجهیزات در شرایط کاری نرمال و بحرانی درج می شود. نحوه کد گذاری مطابق جدول 1، مشخص شده است.

جدول 1: کد گذاری مربوط به حداکثر دمای سطح تجهیزات گروه II

کلاس حرارتی تجهیزات	حداکثر دمای سطح تجهیزات
T1	450°C
T2	300°C
T3	200°C
T4	135°C
T5	100°C
T6	85°C

با توجه به اینکه گروه II به سه زیر گروه IIA و IIB و IIC بر حسب نوع گاز اتمسفر تقسیم می شود. در جدول 2 نوع گاز هر گروه و درجه اشتعال آن درج شده است. در ستون های انتهایی جدول کلاس حرارتی تجهیزات ضد انفجار مشخص شده است. علامت ستاره در جدول مشخص می کند کدام کلاس حرارتی برای گاز مورد نظر مناسب است.

جدول 2: کلاس حرارتی تجهیزات ضد انفجار زیر گروه های II

گروه	نوع گاز	دمای اشتعال °C	T1	T2	T3	T4	T5	T6
IIA	acetone	540	*					
	acetic acid	485	*					
	ammonia	630	*					
	ethane	515	*					
	methylene chloride	556	*					
	methane	537	*					
	carbon monoxide	605	*					
	propane	470	*					
	n-butane	365		*				
	n-butyl	370		*				
	n-hexane	240			*			
	acetaldehyde	140				*		
	ethyl ether	160				*		
	ethyl nitrite	90						*
IIB	ethylene	425		*				
	ethyl oxyde	429-440		*				
	hydrogen sulfde	270			*			
IIC	Acetylene	305		*				
	carbon disulphide	102						*
	hydrogen	560	*					

گروه III نیز به سه زیر گروه IIA و IIB و IIC تقسیم می شوند. در گروه دمای بدنه تجهیزات باید حداکثر 66% دمای اشتعال ذرات معلق در اتمسفر محیط باشد. همچنین در صورت تشکیل لایه ذرات معلق در محیط، لازم است دمای تجهیزات حداکثر 75 درجه سلسیوس کمتر از دمای خود اشتعالی لایه 5 میلیمتری ذرات باشد. در جدول 3 دمای اشتعال برخی از ذرات و دمای خود اشتعالی لایه آن ذرات درج شده است.

جدول 3: دمای اشتعال برخی از ذرات و دمای خود اشتعالی لایه آن ذرات

ذرات قابل اشتعال	دمای اشتعال °C	دمای خود اشتعالی °C
نشاسته (Starch)	440	290
آلومینیوم (Aluminum)	530	280
پنبه (Cotton)	560	350
غلات (Cereals)	420	290
منیزیم (Magnesium)	610	410
سویا (Soybean)	500	245
گوگرد (Sulphur)	280	280

۲.۸. سطح حفاظت تجهیزات (EPL) Equipment Protection Level

این مورد بیشتر در IECEx دیده می شود و سطح حفاظت تجهیزات را نشان می دهد و مشخص می کند تجهیزات برای چه سطحی از خطر مناسب است. در واقع EPL تعیین کننده سطوح حفاظتی تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی در مقابل انفجار است و به تولیدکنندگان و کاربران کمک می کند تا تجهیزات مناسبی را برای محیط های خاص انتخاب کنند. این مفهوم از سه سطح اصلی تشکیل شده است که به شرح زیر است: Ga (یا Da): این سطح حفاظتی مخصوص محیط هایی است که احتمال وقوع انفجار بالاست و مواد قابل اشتعال موجود در آن مایعات یا گازها هستند. Gb (یا Db): این سطح حفاظتی مربوط به محیط هایی است که در آن احتمال وقوع انفجار کمتری نسبت به Ga وجود دارد و معمولاً شامل مواد قابل اشتعال گرد و غبار می شود. Gc (یا Dc): این سطح حفاظتی برای محیط هایی با احتمال وقوع انفجار کم و مواد غیر قابل اشتعال مانند گرد و غبار غیر قابل اشتعال استفاده می شود.

با توجه به این سطوح حفاظتی، تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی می توانند مطابق با شرایط خاص محیطی که در آن استفاده می شوند، انتخاب و ارزیابی شوند تا اطمینان از ایمنی آنها در مقابل خطرات انفجاری حاکم باشد.

هر تجهیزاتی که قرار است در محیط های طبقه بندی ATEX نصب شود باید سطح مشخصی از حفاظت را که در قانون به صورت مخفف EPL مشخص شده، رعایت کند. EPL یا سطح حفاظت تجهیزات با در نظر گرفتن مقررات فنی به دست می آید که نوع حفاظت را مشخص می کند.

۹.۲. محیط یا ناحیه خطرناک (Zone)

در طراحی و انتخاب تجهیزات ضد انفجار، محیط ها براساس ماندگاری گاز یا گرد و غبار انفجاری، معمولاً به ناحیه هایی تقسیم می شوند تا شدت و احتمال حضور ماده قابل اشتعال مشخص شود.

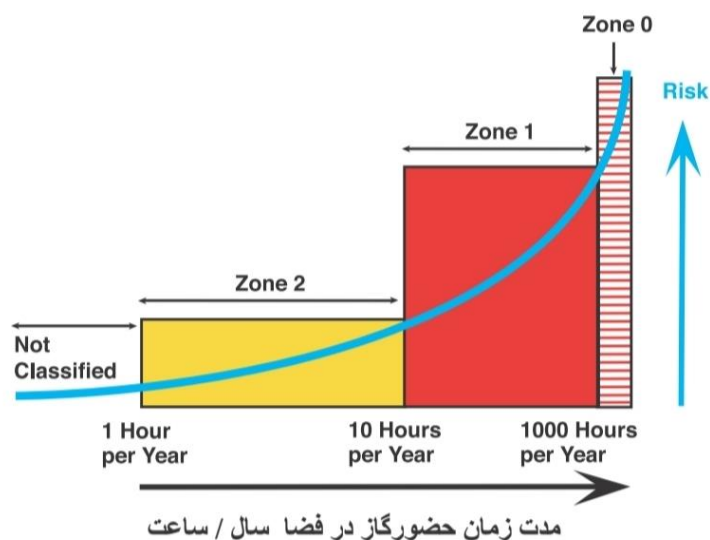
۹.۲.۱. ناحیه گازی

- ناحیه 0 (zone 0) حضور مداوم یا طولانی مدت گاز انفجاری
- ناحیه 1 (zone 1) احتمال حضور در شرایط عادی کار
- ناحیه 2 (zone 2) احتمال حضور کم و کوتاه مدت

۹.۲.۲. ناحیه گرد و غبار

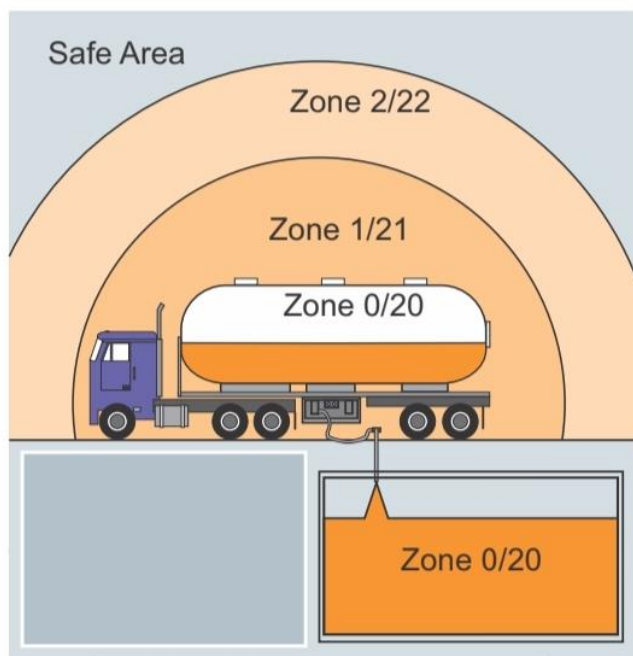
- ناحیه 20 (zone 20) حضور دائمی یا طولانی مدت گرد و غبار انفجاری
- ناحیه 21 (zone 21) احتمال حضور در شرایط عادی
- ناحیه 22 (zone 22) احتمال حضور کم و کوتاه مدت

شناخت ناحیه ها برای انتخاب سطح حفاظت مناسب حیاتی است. در شکل ۲، نمودار طبقه بندی ناحیه های خطرناک (zone) بر اساس مدت زمان حضور گاز در محیط و روند افزایش خطر اشتعال نمایش داده شده است.



شکل ۲. نمودار طبقه بندی ناحیه های خطرناک (zone) بر اساس مدت زمان حضور گاز در محیط

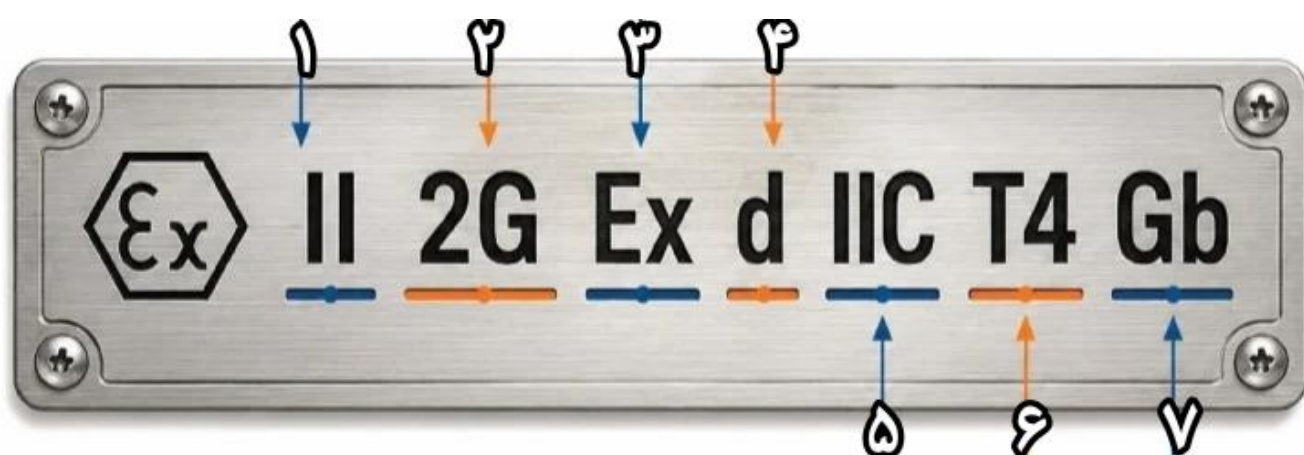
در شکل ۳، نمونه ای از محدوده تعیین شده ناحیه های (zone) خطر در زمان تخلیه محموله قابل اشتعال در یک پمپ بنزین نمایش داده شده است.



شکل ۳. ناحیه های (zone) مختلف خطر در هنگام تخلیه محموله قابل اشتعال

۳. نحوه خواندن یک برچسب ضد انفجار

فرض کنید برچسب روی یکی از تجهیزات ضد انفجار، دارای علائمی مشابه شکل ۴ باشد. کد II 2G Ex d IIC T4 Gb به چه معناست؟ بر اساس مطالب بخش ۲ این مقاله، به سادگی می توان مفهوم کد را دریافت نمود.



شکل ۴. علائم روی برچسب یکی از تجهیزات ضد انفجار

۱. Equipment Group

۲. Category

۳. Explosion protection

۴. Protection Type, Flameproof enclosure

۵. Gaz group

۶. Temperature Classification

۷. Equipment Protection Level

علامت اختصاری II یعنی این تجهیزات برای صنایع سطح زمین (محیط های غیر معادن) مناسب است، 2G یعنی مناسب برای گاز با سطح حفاظت بالا، EX یعنی این تجهیزات ضد انفجار است و d یعنی نوع حفاظت به صورت محفظه غیر قابل اشتعال، IIC یعنی مناسب برای سخت ترین گروه گازی با خطر بالا و T4 یعنی در کلاس دمایی گروه II حداکثر دمای سطح تجهیزات می تواند 135°C باشد و Gb سطح حفاظت تجهیزات در IECEx را نمایش می

دهد و یعنی احتمال وقوع انفجار کمتری نسبت به Ga وجود دارد و معمولاً شامل مواد قابل اشتعال گرد و غبار می شود.

نوع برچسب خوانی به مهندسان کمک می کند تا با یک نگاه، مناسب بودن تجهیزات برای محیط موردنظر را بررسی کنند.

۲. جمع بندی

برای انتخاب درست تجهیزات ضد انفجار، فقط وجود برچسب Ex کافی نیست. باید مواردی همچون نوع ماده قابل اشتعال در محیط، ناحیه (zone) خطرناک، دمای اشتعال ماده، نوع تجهیزات و کاربرد آن، شرایط نصب و تهویه، استاندارد و گواهی معتبر، سازگاری تجهیزات با شرایط محیطی مانند رطوبت، خوردگی و لرزش نیز بررسی گردد. IECEx و ATEX دو سیستم مهم برای تأیید و علامت‌گذاری تجهیزات مورد استفاده در محیط‌های انفجاری هستند. ATEX بیشتر یک الزام قانونی اروپایی است و هم برای تجهیزات الکتریکی و هم غیرالکتریکی کاربرد دارد، در حالی که IECEx یک سیستم بین‌المللی و عمدتاً متمرکز بر تجهیزات الکتریکی است. درک صحیح علائم اختصاصی، گروه‌های تجهیزات، نوع حفاظت، ناحیه‌ها (zone) و کلاس دمایی برای انتخاب ایمن تجهیزات در صنایع نفت و گاز، پتروشیمی، معدن، داروسازی، غذایی و هر محیط مستعد انفجار ضروری است.

۵. منابع

1. <https://www.be-atex.com/en/atex-approval-standards>
2. <https://www.thuba.com/media/productdescriptions/ATEX-2014-34-EU-Guidelines-6th-Edition-January-2026.pdf>
3. <https://www.iecex.com/>
4. <https://www.iecex.com/resources-and-news/standards/>
5. <https://nobelcert.com/Atex/Detail/ex-protection>