

# لوله آتشخوار چیست؟

لوله ها، مخصوصاً لوله های فولادی کاربرد خیلی زیادی در صنایع امروزی ما دارند. از این مقاطع برای انتقال سیالات و مایعات به قسمت های مختلف استفاده می شود که از آب تا نفت و گاز را در بر می گیرد. در برخی موارد و در برخی صنایع نیاز به انتقال سیالات داغ وجود دارد، اما همه لوله ها قادر به تحمل حرارت بالا نیستند و اگر در حین انتقال این سیالات لوله بشکند خسارات جانی و مالی فراوانی به دنبال خواهد داشت. برای حل مشکل انتقال سیالات و با انجام آزمایشات گوناگون نوعی لوله اختراع شد که قابلیت تحمل حرارت و فشار بالا را دارد که به آن لوله آتشخوار گفته می شود. این لوله در صنایع و دنیای امروز ما جایگاه ویژه ای پیدا کرده و با استانداردها، سایز، ضخامت، قطر و انواع مختلفی تولید می شود. ولی اینکه دقیقاً لوله آتشخوار چیست و چه کاربردها و ویژگی هایی دارد موضوعی است که قصد بررسی آن را در ادامه داریم.



## لوله آتشخوار چیست؟

لوله های آتشخوار نوعی لوله صنعتی با آلیاژ خاص هستند که جنس آنها قابلیت تحمل فشار و حرارت خیلی بالا را دارد، بنابراین برای انتقال مایعات با حرارت بالا و گازهای پر فشار مورد استفاده قرار می گیرد. همان طور که می دانید برای تبدیل آهن به فولاد آن را با عناصر و آلیاژهای مختلفی ترکیب می کنند. ترکیب آهن با فلزات با حساسیت خیلی بالایی انجام می شود، چرا که کم و زیاد شدن آنها با آهن حتی به میزان کم ویژگی های شیمیایی فولاد و خواص آن را به طور کل تغییر می دهد.

برای تولید لوله های آتشخوار از ترکیب فلز کربن به مقدار خیلی کم حدود ۰/۱۷ تا ۰/۲ درصد استفاده می شود. فلز کربن باعث ایجاد سختی و مقاومت لوله خواهد شد که با اضافه کردن فلزی دیگری به نام منگنز، لوله آتشخوار را به حرارت بالا مقاوم می کنند. در واقع می توان گفت که لوله آتشخوار را از جنس فولاد نرم تولید می کنند. فولاد نرم فولادی است که از درصد خیلی کمی کربن ساخته می شود و سختی خیلی زیادی ندارد اما انعطاف پذیری و جوش پذیری بالایی دارد. لوله آتشخوار باید بتواند دمای تا ۳۴۰ درجه سانتیگراد را تحمل کند. فشار مایع درون لوله های آتشخوار با قطر ۶۴ میلیمتر به بالا حدود ۳۲ اتمسفر و برای لوله های با قطر کمتر در حدود ۸۰ اتمسفر است. اگر هم یک لوله آتشخوار به جوشکاری نیاز پیدا کند، باید به مدت ۱۵ دقیقه و با دمای ۵۲۰ تا ۶۰۰ درجه عملیات جوشکاری روی آن اجرا شود تا احتمال هر گونه نشستی و درز از بین برود.

## استاندارد لوله های آتشخوار

لوله آتشخوار دامنه کاربری خیلی بالایی دارد و به همین جهت با استانداردهای مختلفی که هر کدام نیز ویژگی خاصی دارد تولید می شود. انواع استاندارد این مقاطع را در ادامه بررسی می کنیم.

- لوله آتشخوار St35.8 تحت استاندارد دین آلمان که شماره استاندارد آن DIN17175 می باشد تولید می گردد. شماره آنالیز این استاندارد نیز ۱/۰۳۰۵ محاسبه می شود. لوله های آتشخوار با این استاندارد دارای ترکیبی از عناصر کربن با ۱۷ تا ۱۹ صدم درصد و منگنز با ۰/۵۵ تا ۰/۷ درصد است. فشار اتمسفری که توان تحمل آن را دارند حدود ۲۵ بار و تحمل حرارت تا ۵۸۵ محاسبه شده که البته این حرارت باید به صورت غیر مستقیم باشد. این لوله ها در ساخت دیگ های روغن داغ و دیگ های بخار مورد استفاده قرار می گیرند. این نکته را باید متذکر شد که این لوله ها به دلیل داشتن میزان پایین کربن به راحتی شکل می پذیرند و قابلیت انعطاف و خم کردن تا ۹۰ درجه را دارند.
- لوله آتشخوار St45.8 که تحت استانداردهای DIN2448 و DIN17175 تولید شده و دارای شماره آنالیز ۱/۰۴۰۵ است. این لوله های آتشخوار در آلیاژ خود حدود ۰/۲ تا ۰/۲۲ درصد کربن و در حدود ۵۵ تا ۶۵ صدم درصد منگنز دارند که فشار اتمسفری معادل ۳۰ بار و حرارت غیر مستقیم تا ۵۳۵ درجه سانتیگراد را برای لوله آتشخوار به وجود می آورند.
- لوله های آتشخوار ASME SA192 با استاندارد دین آلمان و با شماره استاندارد DIN17175 و شماره آنالیز ۱/۰۳۰۵ دارای ویژگی های دیگری است. محتوای کربن در آلیاژ این لوله حدود ۰/۱۸ تا ۰/۲ درصد و محتوای منگنز در آن حدود ۰/۴۵ تا ۰/۷

محاسبه می شود. لوله آتشخوار که با این استاندارد تولید شده می تواند تا ۵۵۰ درجه سانتیگراد حرارت غیر مستقیم و ۲۷ بار فشار اتمسفری را تحمل کند.

- لوله آتشخوار با استاندارد ASTM boiler tube A179 که شماره آنالیز آن نیز ۱/۰۳۰۵ است. این لوله های بویلر کمترین میزان کربن یعنی ۱۶ تا ۱۸ صدم درصد را در آلیاژ خود دارند. ضمن اینکه میزان منگنز آنها نیز ۵ تا ۷ دهم درصد است که فشار اتمسفری تا ۱۵ بار و حرارت غیر مستقیم تا ۵۳۰ درجه سانتیگراد را باعث می شود. این لوله ها پرکاربردترین نوع لوله در ساخت انواع مبدل های حرارتی هستند و به دلیل میزان خیلی کم کربن بیشترین حالت انعطاف پذیری یعنی تا ۱۸۰ درجه خم شدن را دارند.



## مشخصات لوله آتشخوار

یک لوله آتشخوار خوب می بایست تمام ملاک های مناسب برای استفاده در دستگاه ها و صنایع مختلف را داشته باشد تا منجر به خسارت نشود.

### • بدون درز بودن

یکی از ویژگی های یک [لوله آتشخوار](#) مناسب بدون درز و شکاف بودن آن است. لوله ها در محل اتصال باید به درستی جوشکاری شده باشند تا نشتی ندهند. استفاده از انواع جوش های شیاری در اینجا برای اتصال سر به سر لوله ها بهترین

نوع است. قبل از به کارگیری لوله ها باید چندین مرتبه از نظر ایمنی کنترل کیفیت شوند تا هر گونه احتمال نشتی از بین برود.

- **مطابقت ضخامت با میزان تحمل فشار و حرارت**

همان طور که قبلا گفته شد این مقاطع در ضخامت مختلف تولید می شوند و هر کدام برای عبور میزان به خصوصی مایعات گرم در نظر گرفته می شود. از ویژگی های یک لوله آتشخوار خوب همین است که میزان تحمل فشار و حرارت با میزان ضخامت در یک راستا باشد. حرارت زیاد برای لوله های با ضخامت کم نباید در نظر گرفته شود.

- **کیفیت**

با کیفیت بودن یکی از ویژگی های دیگر لوله های استاندارد و خوب است. نحوه ساخت، انجام تست های کنترل کیفیت و جوشکاری مناسب بر کیفیت محصول تاثیر زیادی می گذارد. هیچ گاه نباید از لوله های بی کیفیت و ارزان برای ساخت دستگاه های فرآیندی استفاده کرد.

- **میزان صحیح کربن و منگنز**

این دو عنصر، عناصر اصلی ساخت لوله آتشخوار هستند که باید با دقت زیاد با آهن ترکیب شوند. ترکیب ناصحیح آنها منجر به تولید لوله های بی کیفیت می شود که احتمال شکستن آنها به هنگام استفاده خیلی زیاد است.

- **ضد زنگ بودن**

از مهمترین ویژگی های یک لوله آتشخوار این است که باید ضد زنگ باشد. به دلیل عبور مایعات داغ در این لوله ها احتمال زنگ زدگی آنها در طولانی مدت وجود دارد. پس می بایست با پوشش های چندگانه و آبکاری مناسب خاصیت ضد زنگ پیدا کنند. مهمترین قسمت های لوله که بیشتر در خطر زنگ زدگی قرار دارد محل اتصالات آن با لوله های دیگر است. در آن بخش ها به دلیل برشکاری و سنگ زنی، لوله ها نازک تر می شوند؛ بنابراین می بایست به آنها توجه ویژه ای شود.

## • قابلیت انعطاف پذیری

این ویژگی نیز برای لوله های آتشخوار بسیار حائز اهمیت است، زیرا به دلیل جریان سیالات داغ می بایست این لوله ها توان انبساط و انقباض را در شرایط حرارت و پرفشاری داشته باشند تا جلوی ترکیدن آنها گرفته شود. گاهی نیز لازم است این لوله ها به زاویه های مختلف خم کاری شوند که در صورت غیر انعطاف پذیر بودن آن احتمال بریده شدن و خسارت به کل پروژه دور از انتظار نخواهد بود.

## کاربرد لوله آتشخوار

لوله های آتشخوار کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف که سروکارشان با گرما و حرارت بالا است دارند. نمونه ای از کاربردهای این نوع لوله را در ادامه بررسی می کنیم.

- استفاده از لوله آتشخوار در صنایع شیمیایی
- از لوله آتشخوار بدون درز در نیروگاه های هسته ای
- در صنایع نفت و گاز
- از لوله آتشخوار سرد کشیده شده و با مقاومت بالا برای تحقیقات دانشگاهی
- از لوله آتشخوار پرکربن و با سختی بالا در صنعت دفاع و توسعه برای تولید انواع اسلحه
- در صنایع کاغذ سازی
- از لوله آتشخوار با فشار خیلی بالا در صنایع پتروشیمی، کشتی سازی و نفت و گاز
- در انواع مبدل های حرارتی
- در دیگ های بخار با فشار کم و متوسط
- در موتورهای دیزل و صنایع ساختمانی
- در خط لوله حمل و نقل مایعات و گازهای با فشار و حرارت بالا
- در فرآیندهای لوله کشی پردازشی و ایستگاه های فشرده سازی

به طور کلی هر جا که نیاز به لوله های با تحمل فشار و حرارت بالا باشد، چه به طور همزمان و چه فقط حرارت یا فشار، از لوله های آتشیخوار استفاده می شود. ولی عمده ترین کاربرد لوله آتشیخوار در ساخت بویلرهای صنعتی یا همان دیگ های بخار و مبدل های حرارتی است.



## شرایط آزمون لوله آتشیخوار

لوله های آتشیخوار را قبل از بهره برداری تحت تست ها و آزمون های مختلفی قرار می دهند تا از کیفیتی و کارایی آنها اطمینان حاصل کنند.

۱. انجام آزمایشات دوام سنجی و عملیات حرارتی: در این آزمایش لوله ها را تحت حرارت زیاد قرار می دهند تا بررسی کنند که این لوله دوام حرارتی طبق استانداردهای در نظر گرفته شده را دارد یا خیر.
۲. آزمایشات اشکال زدایی: این تست برای آن است که اشکالات مولکولی لوله بررسی شود و برای این کار به اندازه که نیاز باشد به صورت طولی از لوله برش تهیه می کنند.
۳. آزمایشات آندوسکوپی: این آزمایش به همراه تست های ویژوال برای آن است که لوله را از نظر کیفیت سطح چک کنند.
۴. تست اندازه گیری ضخامت: ضخامت لوله آتشیخوار با انواع تست های اولتراسونیک مشخص می شود که می بایست طبق استاندارد خواسته شده باشد.
۵. تست ضربه: این تست به جهت اندازه گیری میزان مقاومت لوله به ضربات انجام می پذیرد. میزان تنش تسلیم و تنش نهایی لوله با همین آزمون معین می شود.

۶. اندازه گیری دانه: این تست برای اندازه گیری سایز دانه های لوله و فضای بین آنها انجام می گیرد. لوله های آتشخوار باید فضای بین دانه ای و درز و خلل نداشته باشند.
۷. تست های مکانیکی: انجام این آزمایشات مهمترین مرحله تست کردن لوله آتشخوار است، زیرا در اینجا لوله را تحت شرایط مختلف قرار می دهند تا مقاومت آن را به تنش، شعله ور شدن، نفخ و فشار، سختی و غیره بررسی کنند.
۸. تست هیدرواستاتیک: با انجام این تست، مهندسان متوجه می شوند که مقاومت ایستایی لوله آتشخوار چقدر است.
۹. تست تجزیه و تحلیل: ترکیب شیمیایی لوله با همین تست مشخص می شود. در طی این تست میزان عناصر و مقادیر آنها مثل کربن و منگنز بررسی می شود و در صورت کم و زیاد بودن به تولید انبوه نمی رسند. این عملیات بدون دخالت دست و با تجهیزات پیچیده و طبق استاندارد اجرا می گردد.

### سایزهای مختلف لوله آتشخوار

لوله های آتشخوار با قطرهای مختلفی تولید می شوند و هر کدام برای کاربرد خاصی مورد استفاده قرار می گیرد. انواع سایزهای لوله آتشخوار به قرار زیر است: لوله های آتشخوار از سایز ۲۵ تا ۷۶ اینچ تولید می شوند و متداول ترین سایزهای آنها که در صنایع مختلف استفاده می شود عبارتند از: ۲۵/۴، ۳۱/۸، ۳۸، ۴۴/۵، ۵۰/۸، ۵۷، ۶۰/۳، ۶۳/۵، ۷۶/۱ اینچ است.

### کلام آخر

لوله های آتشخوار اکنون جزء لاینفک صنایع و دستگاه های پردازش فرآیندی به شمار می روند. هر جا که بحث حرارت و فشار بالا در میان باشد استفاده از این لوله ها امری ضروری تلقی می گردد. به دلیل اینکه این لوله ها در محل های پر خطر و برای پروژه های صنعتی به خصوص دیگ بخار و صنایع پتروشیمی استفاده می شوند، می بایست تمام پروتکل های کنترل کیفیت برای لوله ها قبل از بارگذاری اعمال شود. هر گونه قصور و کم توجهی خسارات جبران ناپذیری به دنبال خواهد داشت.