



صنایع مختلف برای تولید انرژی یا گرما به کوره‌ها و بویلرهای صنعتی متکی هستند. این تجهیزات با سوزاندن سوخت‌های گاز، مایع یا جامد حرارت لازم را فراهم می‌کنند تا آب را به بخار تبدیل کرده (در بویلر) یا فرایندهای گرمایشی صنعتی را پشتیبانی کنند.

با توجه به ماهیت فرایند احتراق، ایمنی کوره صنعتی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. هر گونه اختلال در احتراق می‌تواند منجر به خاموشی شعله و نشت سوخت شده و در نتیجه خطر انفجار یا آتش‌سوزی را در پی داشته باشد. بنابراین وجود سیستم‌های نظارتی پیشرفته نظیر شعله‌بین و کنترل‌کننده‌های ایمنی احتراق، برای تضمین عملکرد ایمن این تجهیزات الزامی است.

این سیستم‌ها به طور مداوم حضور شعله را پایش می‌کنند و در صورت خاموش شدن شعله، در زمانی کوتاه موسوم به زمان واکنش به خاموشی شعله (FFRT: Flame Failure Response Time) واکنش نشان داده و فرمان قطع سوخت را صادر می‌کنند. در ادامه به معرفی انواع کوره‌ها و بویلرهای صنعتی، تفاوت‌ها و کاربردهای آن‌ها، و نقش تجهیزات نظارتی مانند شعله‌بین در ایمنی احتراق می‌پردازیم.

معرفی انواع کوره‌ها و بویلرهای صنعتی  
بویلرهای صنعتی معمولاً به یک یا چند مشعل (Burner) مجهز هستند که این مشعل‌ها با ترکیب سوخت مثل گاز طبیعی یا گازوئیل و هوا، شعله‌ای پایدار در داخل محفظه احتراق (Combustion Chamber) ایجاد می‌کنند. انرژی حرارتی شعله از طریق سطوح انتقال حرارت مثل اکونومایزر (مبدل حرارتی برای پیش‌گرم کردن آب ورودی بویلر)، سوپرهیتر و لوله‌های بویلر به آب منتقل می‌شود و در نهایت، آب به بخار اشباع یا بخار فوق‌گرم تبدیل می‌گردد. این بخار با نیرو وارد کردن به پره‌های توربین باعث حرکت دورانی توربین‌ها می‌شود و همچنین در صنایع مختلف به‌عنوان منبع حرارت و انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کوره‌های صنعتی نیز بسته به نوع کاربرد، طراحی‌های متفاوتی دارند. برای مثال، کوره‌های فرآیندی (Process Furnaces) در پالایشگاه‌ها و پتروشیمی‌ها برای پیش‌گرمایش نفت خام و سایر سیالات به کار می‌روند. در مقابل، کوره‌های عملیات حرارتی (Heat Treatment Furnaces) در صنایع فلزی و سرامیکی برای انجام فرآیندهایی مانند ذوب فلزات، بازپخت (Annealing) و سخت‌کاری (Hardening) استفاده می‌شوند.

## تفاوت بویلر و کوره

از نظر کاربرد، بویلرها بیشتر برای تولید بخار و انرژی به کار می‌روند، در حالی که کوره‌ها برای گرم کردن مستقیم مواد یا سیالات در فرایندهای صنعتی استفاده می‌شوند. بویلرها، یک مخزن تحت فشار دارند و ایمنی آن علاوه بر احتراق، شامل ایمنی فشار نیز هست، در حالی که کوره‌های صنعتی ممکن است فشار چندانی نداشته باشند ولی دمای بسیار بالاتری را در محفظه ایجاد کنند.

به طور معمول، سیستم احتراق بویلر و کوره شباهت‌های بسیاری دارند هر دو از مشعل، سیستم سوخت‌رسانی، سیستم جرقه‌زن و تجهیزات کنترلی تشکیل شده‌اند اما شرایط عملکرد می‌تواند متفاوت باشد. برای مثال، در یک بویلر بزرگ نیروگاهی، مشعل‌ها می‌بایست به صورت خودکار روشن/خاموش شده و شعله هر مشعل به صورت جداگانه رصد شود، در حالی که در یک کوره فرایندی ممکن است چندین مشعل به شکل همزمان در حال کار باشند و دمای کوره باید در یک محدوده مشخص کنترل شود.

## اهمیت ایمنی و سیستم‌های احتراق

هرگونه وقفه در فرایند احتراق چه به علت نقص فنی مشعل و یا به دلیل اختلال در سوخت یا هوا می‌تواند باعث خاموش شدن شعله شود. در صورت عدم تشخیص سریع این وضعیت، تزریق ادامه‌دار سوخت خام به داخل محفظه بسیار خطرناک خواهد بود و می‌تواند منجر به تجمع سوخت و انفجار ناگهانی هنگام روشن شدن مجدد یا وجود منبع آتش شود. به همین دلیل هم در بویلرها و هم در کوره‌ها، سیستم کنترل ایمنی شعله بخشی ضروری از سامانه مدیریت مشعل است. این سیستم شامل حسگرهایی برای شعله‌بینی شعله، واداشتن مشعل به طی کردن توالی روشن‌سازی امن و کنترل شیرهای قطع سوخت اضطراری می‌باشد.

برای مثال، در بویلرهای پیشرفته طبق استانداردهای بین‌المللی، اگر ظرف ۲ تا ۳ ثانیه پس از فرمان روشن شدن مشعل، حضور شعله توسط شعله‌بین تأیید نشود، سیستم ایمنی فرمان قطع جریان سوخت را صادر می‌کند و عملیات روشن‌سازی متوقف می‌شود. همچنین حین کار عادی، هر زمان شعله به هر دلیل خاموش شود، سیستم ایمنی باید در کسری از ثانیه شیرهای سوخت را ببندد تا از تزریق سوخت جلوگیری و شرایط ایمن‌سازی فراهم گردد.

در ادامه، تمرکز خود را بر تجهیزات نظارتی شعله و نقش آن‌ها در ایمنی احتراق قرار می‌دهیم.

## نقش شعله‌بین و سیستم‌های نظارتی در ایمنی احتراق

شعله‌بین دستگاهی است که حضور یا عدم حضور شعله را در داخل محفظه احتراق تشخیص می‌دهد. این دستگاه‌ها از حسگرهای ویژه‌ای بهره می‌برند که به مشخصه‌های فیزیکی شعله حساس هستند، مانند امواج تشعشعی ماوراءبنفش UV یا مادون قرمز IR. مزیت استفاده از این روش‌ها سرعت بالای تشخیص و قابلیت اتکا در شرایط سخت صنعتی است، چرا که روش‌هایی مانند اندازه‌گیری گرما یا فشار ناشی از شعله برای اعلام حضور شعله بسیار کند بوده و از نظر عملی دشوار یا پرهزینه هستند.

بنابراین تقریباً تمامی مشعل‌های صنعتی مهم به یک نوع شعله‌بین نوری (UV/IR) یا الکتریکی (میله یونیزاسیون) مجهز هستند. خروجی شعله‌بین به یک کنترل‌کننده ایمنی احتراق متصل می‌شود که به محض دریافت سیگنال عدم وجود شعله، فرمان خاموش کردن مشعل و بستن شیرهای سوخت را صادر می‌کند.

به این ترتیب، شعله‌بین مانند چشم سیستم عمل می‌کند و کوچک‌ترین خاموشی غیرمنتظره را گزارش می‌دهد تا از بروز حوادث جلوگیری شود. عملکرد قابل اطمینان شعله‌بین‌ها به طور مستقیم با ایمنی و بهره‌وری بویلر یا کوره گره خورده است.

- دستگاه شعله‌بین با اسامی دیگری مانند فلیم دتکتور (Flame Detector)، فلیم اسکنر (Flame Scanner)، آشکارساز شعله، چشم کوره، چشم شعله و در مواردی شعله یاب نیز شناخته می‌شود.

## دسته‌بندی شعله‌بین‌ها بر اساس محل نصب

شعله‌بین‌های صنعتی تنوع بالایی داشته و بر اساس عوامل مختلفی دسته‌بندی می‌شوند. یکی از روش‌های دسته‌بندی، محل نصب و کاربرد در انواع مشعل‌ها و تجهیزات است. برند نور پرتو نیز شعله‌بین‌های خود را بر اساس محل به‌کارگیری گروه‌بندی کرده است تا کاربران بتوانند مناسب‌ترین دستگاه را برای نیاز خود انتخاب کنند. در این بخش، انواع رایج شعله‌بین‌ها بر اساس محل استفاده در کوره‌ها و بویلرهای صنعتی را مرور می‌کنیم:

## شعله‌بین مخصوص بویلر

این دسته از شعله‌بین‌های شعله برای نصب روی مشعل‌های بویلرهای صنعتی طراحی شده‌اند. بویلرها معمولاً دارای محفظه احتراق بسته و پرفشار هستند که مشعل در جلوی آن نصب می‌شود. شعله‌بین مخصوص بویلر باید قادر به تشخیص سریع تشکیل شعله در داخل محفظه احتراق باشد و در برابر تشعشعات قوی و حرارت بالای کوره دیگ مقاوم باشد. به علاوه، در بویلرهای بزرگ ممکن است هر بویلر چندین مشعل داشته باشد و هر مشعل بویلر به یک شعله‌بین اختصاصی نیاز دارد. این دستگاه‌ها معمولاً در قسمت محل ورود مشعل بویلر نصب می‌شوند و از طریق یک روزنه دید، شعله را رصد می‌کنند و بسته به نوع سوخت بویلر گاز طبیعی، گازوئیل، مازوت یا زغال سنگ سنسور مناسب انتخاب می‌شود، برای مثال در بویلرهای گازسوز عمدتاً از سنسورهای UV استفاده می‌شود زیرا شعله گاز طبیعی تشعشعات فرابنفش قابل توجهی دارد، در حالی که در بویلرهای مازوت یا زغال سنگ ممکن است سنسور مادون‌قرمز هم کاربردی باشد. شعله‌بین‌های بویلر باید با سیستم کنترل مشعل بویلر (معمولاً یک کنترل‌کننده ایمنی مشعل) یکپارچه شوند تا در صورت خاموشی شعله یا عدم تشکیل آن در زمان راه‌اندازی، فرمان خاموشی ایمن صادر شود.



نصب نور پرتو روی بویلر پالایشگاه بیدبلند

## شعله‌بین مخصوص کوره

در صنایع شیمیایی، پالایشگاهی و تولیدی، کوره‌های بزرگ فرایندی وجود دارند که اغلب با سوخت گاز کار می‌کنند. این کوره‌ها ممکن است دارای چندین مشعل در دیواره‌ها یا کف کوره باشند تا حرارت به طور یکنواخت توزیع شود. شعله‌بین مخصوص کوره باید توانایی تشخیص شعله مشعل در محیط‌های داغ و گاهی پرتشعشع را داشته باشد.

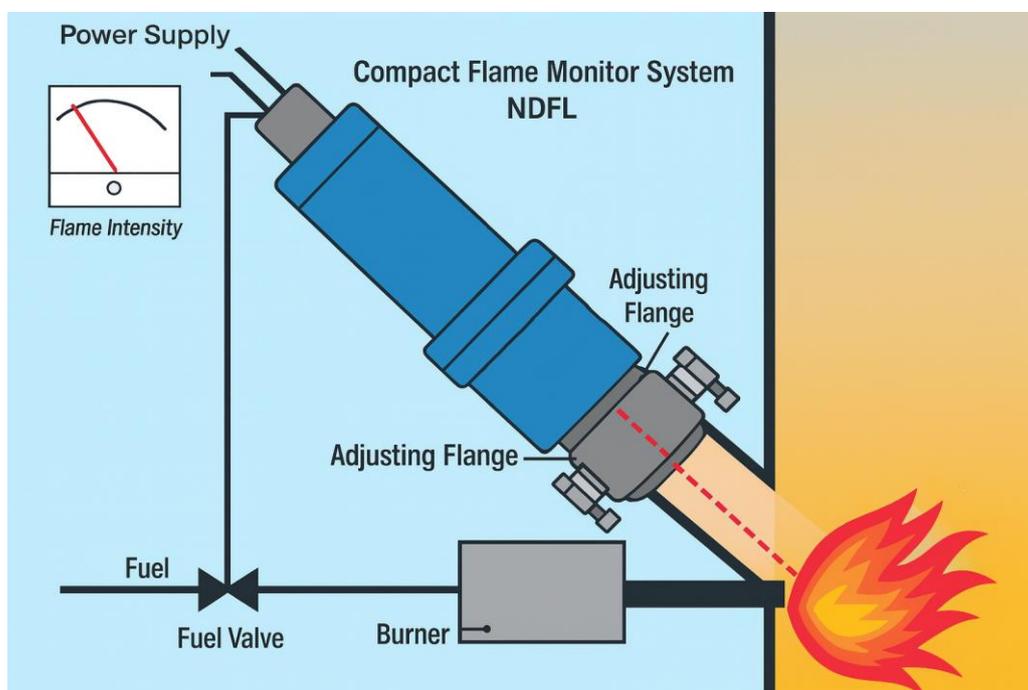
یکی از چالش‌های کوره‌های فرایندی، وجود دمای بسیار بالا در جداره‌ها و تابش شدید از مواد داخل کوره است که می‌تواند بر عملکرد سنسور اثر بگذارد، لذا شعله‌بین‌های کوره گازی معمولاً دارای فیلترهای طیفی و طراحی ویژه‌ای هستند که تنها به تشعشعات مخصوص شعله حساس باشند و تحت تأثیر تابش

# آشنایی با کوره و بویلر، و کاربرد شعله‌بین در آن‌ها

پس‌زمینه از جداره‌های گداخته قرار نگیرند. برای مثال در برخی کوره‌های پالایشگاهی که مشعل گاز سوزانده می‌شود، سنسور UV/IR استفاده می‌شود تا هم حضور شعله هیدروکربنی را تشخیص دهد و هم از فیلتر کردن نوزهای نوری اطمینان حاصل کند. این دسته از شعله‌بین‌ها معمولاً در سایت‌های نفت و گاز بسیار مهم هستند، چرا که عدم تشخیص به‌موقع خاموشی شعله می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری به تجهیزات و محیط زیست وارد کند.

## شعله‌بین‌های دید مستقیم و غیرمستقیم

منظور از مستقیم و غیرمستقیم در اینجا شیوه نصب و مسیر دید شعله‌بین است. شعله‌بین مستقیم به گونه‌ای طراحی شده که دید مستقیم به داخل محفظه احتراق داشته باشد، بدین ترتیب خود دستگاه روی دیواره یا فلنج مربوطه نصب می‌شود و از طریق یک پنجره یا سوراخ دید، شعله را مستقیماً مشاهده می‌کند. این روش نصب برای بسیاری از بویلرها و کوره‌ها که فضای کافی در اطراف محل مشعل دارند مناسب است و سادگی بیشتری دارد.



نحوه عملکرد شعله‌بین دید مستقیم

در مقابل، شعله‌بین‌های غیرمستقیم معمولاً با بهره‌گیری از یک فیبر اپتیکی فلکسیبل عمل می‌کنند. در این حالت، سنسور اصلی دستگاه ممکن است در فاصله‌ای دورتر از کوره نصب شود و از طریق یک کابل فیبرنوری، انرژی نوری شعله را به سنسور منتقل کند. این نوع طراحی برای شرایطی به کار می‌رود که دمای محل مشعل بسیار بالا است یا فضای نصب محدود بوده و امکان قرار دادن مستقیم سنسور در نزدیکی مشعل نیست. برای مثال، در برخی توربین‌های گازی یا کوره‌های با فضای بسیار تنگ، از فیبر اپتیکی استفاده می‌شود تا شعله‌بین در معرض حرارت شدید قرار نگیرد. انتخاب بین این دو دسته وابسته به شرایط فیزیکی محل نصب است. مهندسان معمولاً در صورت امکان از نوع دید مستقیم بهره می‌گیرند چرا که نگهداری آن آسان‌تر است، اما در شرایط خاص، نوع فیبرنوری می‌تواند تنها راه‌حل مطمئن برای نظارت بر شعله باشد. لازم به ذکر است که در محصولات نورپارتنو هر دو نوع طراحی ارائه شده و بسته به نیاز صنعت، مدل مناسب قابل انتخاب است.



سیستم فیبراپتیکی مورد استفاده در شعله بین‌های غیرمستقیم

نکات کلیدی در انتخاب تجهیزات ایمنی احتراق

انتخاب شعله‌بین مناسب برای یک بویلر یا کوره صنعتی نیازمند دقت و بررسی چندین عامل فنی و ایمنی است. در ادامه به چند نکته کلیدی که مهندسان صنعتی و کارشناسان تأسیسات باید در نظر داشته باشند اشاره می‌کنیم:

## نوع سوخت و فرایند

نوع سوخت مصرفی (گاز طبیعی، گازوئیل، مازوت، زغال سنگ، هیدروژن و ...) و فرایند احتراقی که در کوره یا بویلر اتفاق می‌افتد، تأثیر مستقیمی بر انتخاب نوع سنسور شعله‌بین دارد.

به عنوان مثال، شعله حاصل از سوخت‌های هیدروکربنی (مثل گاز طبیعی یا گازوئیل) در هر دو طیف فرابنفش و مادون‌قرمز قابل ملاحظه است، بنابراین سنسورهای UV یا IR هر دو می‌توانند کارآمد باشند.

اما برای شعله‌های حاصل از سوخت هیدروژن که تقریباً تابش مادون‌قرمز ندارند و بیشتر در طیف UV می‌درخشند استفاده از شعله بین IR عملاً بی‌فایده است و باید از دتکتورهای UV استفاده کرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود پیش از خرید شعله‌بین ترکیب سوخت و ویژگی‌های شعله مورد انتظار را مشخص کرده تا بتوانید بهترین انتخاب را داشته باشید.

## شرایط محیطی و محل نصب

شعله‌بین یک تجهیز الکترواپتیکی است که معمولاً در محیط‌های سخت صنعتی نصب می‌شود. دمای پیرامون محل نصب، میزان لرزش و شوک مکانیکی، رطوبت و آلودگی‌های موجود (دود، دوده‌ی سوخت‌های مایع، گرد و غبار) همگی بر عملکرد و طول عمر دستگاه تأثیر دارند.

برای محیط‌های با دمای خیلی بالا، باید از مدل‌هایی (مثلاً مدل فیبرنوری) استفاده کرد که بخش حساس دستگاه به دور از حرارت مستقیم باشد در محیط‌های خورنده یا مرطوب، بدنه و لنز شعله‌بین باید مقاومت کافی داشته باشد. همچنین اگر کوره یا بویلر در فضای سر بسته کار می‌کند یا مجاور تجهیزات پر تردد است، حفاظت در برابر لرزش و اختلالات الکتریکی (نویز) نیز مهم است. در محیط‌هایی که گازهای قابل انفجار حضور دارند (مانند تأسیسات پتروشیمی)،

حتماً باید از شعله‌بین ضدانفجار استفاده شود تا خود دستگاه منبع جرقه و اشتعال نباشد. شرکت نورپارتو نیز در سبد محصولات خود مدل‌های ضدانفجاری (با استاندارد EX) را برای اینگونه کاربردها عرضه کرده است.

## مشخصات نصب (فاصله و زاویه دید)

هنگام انتخاب شعله بین باید فاصله‌ی سنسور تا شعله و زاویه دید مورد نیاز در نظر گرفته شود، سنسورها یک محدوده زاویه‌ای مشخصی را می‌توانند پوشش دهند. اگر فاصله سنسور از مشعل زیاد باشد، اطمینان یابید که حساسیت سنسور برای فاصله دور کفایت می‌کند و لنز آن توان دریافت انرژی شعله از آن فاصله را دارد. همچنین وجود موانع فیزیکی میان سنسور و شعله (مانند دیواره‌های داخلی بویلر یا تیوب‌های کوره) می‌تواند مانع دید مستقیم شود، در این مواقع باید به نحوی سنسور را جانمایی کرد یا از نوع فیبرنوری بهره برد که این موانع را دور بزند. توصیه می‌شود پیش از نصب، محل دقیق قرارگیری شعله‌بین بر روی نقشه کوره یا بویلر مشخص شود تا بهترین میدان دید بدون مانع حاصل گردد.

## تداخل‌های نوری و سیگنال‌های کاذب

یکی از مسائل حیاتی در عملکرد دقیق و ایمن سامانه‌های آشکارسازی شعله، جلوگیری از بروز هشدارهای کاذب یا عدم تشخیص به موقع شعله بر اثر تداخل سیگنال‌های نوری محیطی است. این تداخل‌ها ممکن است ناشی از منابعی چون تابش مدوله‌شده‌ی سطوح فلزی داغ، جریان گازهای داغ خروجی، یا بازتاب شعله درون محفظه‌های حرارتی مانند بویلرها یا کوره‌ها باشند. چنین عوامل محیطی می‌توانند منجر به کاهش حساسیت حسگرهای مادون‌قرمز (IR) شده و احتمال وقوع تشخیص نادرست را افزایش دهند.

## کالیبراسیون و نگهداری

مانند هر تجهیز ابزار دقیقی، شعله‌بین نیز نیازمند نگهداری دوره‌ای است. پنجره اپتیکی یا لنز دستگاه باید تمیز نگه‌داشته شود تا دوده یا غبار روی آن باعث کاهش سیگنال نشود. کالیبراسیون دوره‌ای (مثلاً سالیانه) توسط تجهیزات تست مخصوص یا توسط کارشناسان مجرب توصیه می‌شود تا صحت عملکرد دستگاه تضمین گردد. برخی شعله‌بین‌های مدرن دارای مدارهای خودآزمایی (Self-check) هستند که به صورت خودکار سلامت حسگر و مدار را کنترل کرده و هر گونه خرابی را گزارش می‌کنند. بهره‌گیری از این قابلیت‌ها می‌تواند سطح ایمنی را افزایش دهد زیرا خرابی خاموش و پنهان سنسور خود یک خطر ایمنی محسوب می‌شود. شرکت نورپارتو خدمات مختلفی از جمله کالیبراسیون شعله‌بین، تعمیر و نگهداری و آموزش کارشناس را جهت اطمینان از عملکرد بهینه تجهیزات ایمنی احتراق ارائه می‌کند.

## سخن پایانی

ایمنی در بهره‌برداری از کوره‌ها و بویلرهای صنعتی وابسته به استفاده از تجهیزات دقیق و نظارت مداوم است، زیرا هرگونه خطا در فرایند احتراق می‌تواند خطرآفرین باشد. فلیم دکتورها نقش حیاتی در شناسایی سریع اختلالات شعله ایفا می‌کنند و با واکنش به موقع، از بروز حوادث جدی جلوگیری می‌نمایند. انتخاب درست، نگهداری منظم این تجهیزات و بهره‌گیری از فناوری‌های داخلی، مانند محصولات متنوع و پیشرفته شرکت نورپارتو، موجب افزایش ایمنی، افزایش استمرار تولید و کاهش وابستگی به نمونه‌های خارجی شده است.

در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر می‌توانید با ما در ارتباط باشید.