دستورالعمل ایمنی و نگهداری کوره های الکتریکی

مقدمه

کوره‌های الکتریکی از نوع مافلی (Box/Muffle) و لوله‌ای (Tube) در آزمایشگاه‌های دانشگاه صنعتی شاهرود کاربرد گسترده‌ای دارند: خاکسترگیری، کلسینه‌سازی، عملیات حرارتی، زینتر کردن نمونه‌های سرامیکی و سنتز مواد. این تجهیزات در محدوده دمایی معمولاً بین ۲۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد کار می‌کنند و همین دمای بالا، آن‌ها را به یکی از پرخطرترین تجهیزات آزمایشگاه تبدیل می‌کند.

خطر کوره فقط «گرم بودن» نیست. ولتاژ بالایی که برای تولید این دماها لازم است، خطر برق‌گرفتگی و آتش‌سوزی الکتریکی را به همراه دارد؛ عایق‌های سرامیکی در صورت آسیب می‌توانند الیاف قابل استنشاق تولید کنند؛ و نمونه‌هایی که بدون توجه به محدودیت ظرف یا دمای مجاز گرم می‌شوند، ممکن است باعث انفجار یا انتشار بخارات سمی شوند. این جزوه برای آن نوشته شده که هم دانشجویان و پژوهشگران استفاده‌کننده از کوره، و هم مسئولان نگهداری، اصول ایمنی و نگهداری این تجهیزات را در یک متن ساده و کاربردی بیابند. هدف، جایگزینی دستورالعمل سازنده نیست، بلکه تکمیل آن با توجه به شرایط واقعی آزمایشگاه‌های دانشگاه است.

بخش اول: خطرات را بشناسید

خطر دمای بسیار بالا و سوختگی: کوره و محتویات آن حتی پس از قطع برق، مدت طولانی داغ می‌مانند. مواد داخل کوره همیشه نمی‌درخشند یا قرمز به نظر نمی‌رسند، اما می‌توانند سوختگی شدید ایجاد کنند . هرگونه تماس با بدنه، درب یا قطعات داخلی کوره در حین کار یا بلافاصله پس از آن ممنوع است.

خطر برق‌گرفتگی و آتش سوزی: تولید دماهای بالای ۵۰۰ درجه نیازمند ولتاژ بالاست و همین ولتاژ بالا، خطر برق‌گرفتگی، آتش‌سوزی و سوختگی شدید را به همراه دارد . سیم‌کشی فرسوده، اتصال شل یا عدم اتصال زمین مناسب می‌تواند منجر به جرقه یا آتش‌سوزی شود .

خطر تنفسی و مواد سمی: کوره‌های بدون تهویه مناسب می‌توانند بخارات ناشی از سوختن ناخالصی‌ها یا تخریب نمونه را در فضای آزمایشگاه آزاد کنند. کوره‌های لوله‌ای که تحت گاز خنثی (آرگون یا نیتروژن) کار می‌کنند نیز ممکن است گازهای خروجی اسیدی یا سمی تولید کنند . علاوه بر این، عایق‌های سرامیکی قدیمی در صورت دستکاری یا فرسودگی می‌توانند الیاف یا گرد و غبار حاوی سیلیس کریستالی تولید کنند که استنشاق طولانی‌مدت آن با خطر بیماری ریوی همراه است .

خطر انفجار و شکست حرارتی: گرم کردن ظرف بسته یا نمونه‌ای که در دمای بالا گاز تولید می‌کند، می‌تواند باعث انفجار شود. همچنین باز کردن ناگهانی درب کوره در دمای بالا می‌تواند به محفظه نسوز آسیب بزند و باعث شکست حرارتی (شوک حرارتی) شود.

بخش دوم: قبل از شروع کار چه باید کرد

آموزش و صلاحیت: فقط افرادی مجاز به کار با کوره هستند که آموزش تخصصی این دستگاه را گذرانده باشند. دستورالعمل سازنده را پیش از اولین استفاده بخوانید و با محدودیت‌های دستگاه (حداکثر دما، نوع اتمسفر، نوع نمونه مجاز) آشنا شوید.

انتخاب ظرف مناسب: نمونه باید در بوته چینی یا ظرف مقاوم به حرارت مناسب مانند ظروف آزمایشگاهی بوروسیلیکات قرار گیرد. محدوده دمایی مجاز هر ظرف باید پیش از استفاده بررسی شود؛ برای ظروف استاندارد آزمایشگاهی بوروسیلیکات(Pyrex) ، دمای کار عادی معمولاً تا حدود ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد و حداکثر تحمل کوتاه‌مدت تا حدود ۴۹۰ درجه است. برای دماهای بالاتر، از بوته چینی یا ظروف سرامیکی مخصوص کوره استفاده شود.

بررسی تجهیزات پیش از روشن کردن: سیم برق و دوشاخه را از نظر پارگی، ترک یا آسیب دیدگی بررسی کنید. اتصال زمین کوره باید برقرار باشد. اطراف کوره باید از مواد قابل احتراق (کاغذ، پارچه، کارتن، مواد شیمیایی قابل اشتعال) پاک باشد؛ هر شیئی که در کنار کوره قرار دارد ممکن است داغ شود، ذوب گردد، آتش بگیرد یا منفجر شود. کوره باید روی سطح پایدار و دور از رطوبت قرار داشته باشد.

تجهیزات حفاظت فردی: حداقل تجهیزات لازم عبارت‌اند از: دستکش مقاوم به حرارت (نه دستکش معمولی یا پارچه‌ای)، عینک ایمنی، روپوش آزمایشگاهی، شلوار بلند و کفش بسته. دستکش‌های نسوز را قبل از هر استفاده از نظر پارگی یا سوراخ بررسی کنید .

تهویه: کوره‌های مافلی معمولاً به تهویه محلی نیاز ندارند، اما اگر در حال گرم کردن مواد خطرناک یا نمونه‌هایی هستید که بخارات سمی تولید می‌کنند، کوره باید در هود یا زیر تهویه موضعی مناسب قرار گیرد. کوره‌های لوله‌ای توصیه می‌شود در هود قرار گیرند تا در صورت نقص دستگاه، گازهای خروجی به فضای آزمایشگاه وارد نشوند

بخش سوم: هنگام کار چه باید کرد

راه‌اندازی و تنظیم دما: پس از روشن کردن دستگاه، دما و زمان مورد نظر را طبق دستورالعمل سازنده تنظیم کنید. برای کوره‌های نو یا کوره‌هایی که مدت طولانی خاموش بوده‌اند، **مرحله پخت اولیه (Seasoning) اجباری است**. دستگاه را در محیطی باز (مانند حیاط) تا حدود ۴۰۰ درجه روشن کنید و هر ۵ تا ۱۰ دقیقه درب آن را باز کنید تا دود و بخار خارج شود. این کار تا سفید شدن رنگ مواد نسوز اطراف المنت ادامه یابد. در صورت وجود برنامه‌ریزی دمایی (Ramp)، از افزایش ناگهانی دما (شوک حرارتی) خودداری کنید.

بارگذاری و برداشتن نمونه: درب کوره را فقط برای حداقل زمان لازم باز نگه دارید؛ باز ماندن طولانی درب باعث خروج سریع حرارت و آسیب به المنت‌ها و عایق می‌شود . نمونه را با انبر مخصوص و دستکش نسوز قرار دهید یا بردارید. هرگز با دست مستقیم به داخل کوره نروید، حتی اگر کوره خاموش باشد.

حداکثر دما: از تنظیم کوره روی حداکثر دمای اسمی خودداری کنید. برای کارهای معمول، دمای کاری را پایین‌تر از حداکثر نگه دارید تا عمر المنت افزایش یابد و شدت خطر کاهش پیدا کند. کوره‌های ۱۲۰۰ درجه معمولاً برای کار مداوم در ۱۱۰۰ درجه توصیه می‌شوند و رسیدن به ۱۲۰۰ درجه فقط برای مدت کوتاه مجاز است.

پایش وضعیت: اگر دمای نمایشگر با دمای واقعی محسوس تطابق ندارد، اگر مدار گرمایش قطع نمی‌شود، یا اگر بوی سوختگی سیم‌کشی یا جرقه مشاهده کردید، فوراً دستگاه را خاموش کنید و به کارشناس آزمایشگاه اطلاع دهید. در صورت مستهلک شدن یا از کار افتادن ترموکوپل، ادامه کار با کوره ممنوع است.

بخش چهارم: بعد از پایان کار

خنک کردن تدریجی: پس از پایان برنامه، کوره را خاموش کنید و **صبر کنید تا دما به طور طبیعی و تدریجی کاهش یابد**. باز کردن درب کوره در دمای بالا ممنوع است؛ این کار می‌تواند باعث شکست حرارتی محفظه نسوز شود. درب کوره را تنها زمانی باز کنید که دما به سطح ایمن (حدود زیر ۱۰۰ درجه) رسیده باشد.

تخلیه و تمیزکاری: نمونه را با انبر و دستکش نسوز خارج کنید. پس از خنک شدن کامل، فضای داخلی کوره را با برس نرم یا جاروبرقی تمیز کنید تا باقیمانده نمونه‌ها یا گرد و غبار جمع نشود. برای نظافت عمومی بدنه، از دستمال مرطوب و غیرقابل اشتعال استفاده کنید؛ دستگاه باید در حین نظافت خاموش و خنک باشد.

ثبت در دفتر کوره. تاریخ، دمای کاری، مدت زمان، نوع نمونه و هرگونه مشکل مشاهده‌شده را در دفتر نگهداری کوره ثبت کنید. این سوابق برای پیگیری عمر المنت، برنامه‌ریزی تعویض ترموکوپل و شناسایی الگوهای خرابی ضروری هستند.

بخش پنجم: نگهداری دوره‌ای

بازرسی هفتگی: بدنه، سیم برق، اتصالات و وضعیت ظاهری عایق‌ها را بررسی کنید. گردگیری عمومی دستگاه با پارچه آغشته به الکل ۷۰ درصد به صورت هفتگی انجام شود.

تمیزکاری ماهانه: فضای داخلی کوره را ماهانه تمیز کنید. این کار باید در حالت خاموش و خنک انجام شود. باقیمانده نمونه‌ها را با برس نرم یا جاروبرقی پاک کنید تا از اختلال در توزیع یکنواخت حرارت جلوگیری شود.

کالیبراسیون سالانه: دمای کوره باید سالی یک‌بار توسط شرکت ذی‌صلاح یا کارشناس مجاز کالیبره شود. ترموکوپل‌ها به مرور زمان دچار انحراف می‌شوند؛ اگر ترموکوپل دمای واقعی را کمتر از دمای تنظیم‌شده نشان دهد، کوره ممکن است بیش از حد گرم شود و به المنت‌ها آسیب بزند. تعویض دوره‌ای ترموکوپل (بسته به میزان استفاده) توصیه می‌شود.

بازرسی المنت‌ها: المنت‌های SiC شکننده هستند و جابه‌جایی یا ضربه می‌تواند آن‌ها را بشکند. هرگونه جابه‌جایی کوره یا المنت باید با اطلاع شرکت سازنده یا کارشناس مجاز انجام شود. اتصالات المنت را دوره‌ای از نظر شل شدگی بررسی کنید؛ اتصال شل می‌تواند باعث گرمای موضعی و سوختن المنت شود.

شرایط محیطی: کوره را دور از رطوبت نگهداری کنید. رطوبت می‌تواند به قطعات الکتریکی آسیب بزند و در روشن شدن اولیه باعث نشتی جریان یا عملکرد نامناسب کلید محافظ جان شود.

بخش ششم: اگر مشکلی پیش آمد

سوختگی: در صورت تماس پوست با سطح داغ، فوراً ناحیه آسیب‌دیده را با آب خنک به مدت حداقل ۱۵ دقیقه بشویید. از گذاشتن یخ روی سوختگی خودداری کنید. برای سوختگی‌های سطحی، پس از خنک شدن، محل را با گاز استریل بپوشانید. سوختگی‌های عمیق‌تر، سوختگی صورت یا دست‌ها، یا سوختگی‌های بزرگ نیاز به انتقال فوری به مرکز درمانی دارند.

آتش‌سوزی الکتریکی: اگر کوره یا سیم‌کشی آن آتش گرفت، **هرگز با آب اقدام به خاموش کردن نکنید** .ابتدا در صورت ایمن بودن، برق را از کلید اصلی قطع کنید. اگر آتش کوچک و قابل کنترل است، از کپسول آتش‌نشانی CO_2 یا پودر استفاده کنید. در غیر این صورت، فوراً اتاق را تخلیه کنید، درب را پشت سر ببندید، آلارم حریق را فعال کنید و با آتش‌نشانی تماس بگیرید.

نقص الکتریکی یا بوی سوختگی: اگر از دستگاه بوی سوختگی سیم‌کشی یا جرقه مشاهده کردید، فوراً برق را قطع کنید و به دستگاه دست نزنید. دستگاه معیوب را با برچسب «در حال تعمیر وصل نکنید» علامت‌گذاری کنید و به کارشناس آزمایشگاه گزارش دهید.

گزارش‌دهی: هر حادثه یا شبه‌حادثه (رویدادی که در آستانه حادثه بود اما آسیب واقعی نداشت) را ظرف ۲۴ ساعت به مسئول آزمایشگاه و مسئول ایمنی دانشکده گزارش دهید. گزارش شبه‌حادثه‌ها نه تنها باعث سرزنش نمی‌شود، بلکه به شناسایی نقص‌های سیستمی مانند ترموکوپل در حال انحراف یا سیم‌کشی در حال فرسودگی پیش از وقوع حادثه جدی کمک می‌کند.

جمع‌بندی: چند قانون طلایی

۱ .**کوره را فقط وقتی باز کنید که خنک شده باشد.** باز کردن درب در دمای بالا یعنی خطر سوختگی و شکستن محفظه نسوز.

۲ .**دستکش نسوز بپوشید و از انبر استفاده کنید.** دستکش معمولی و دست خالی، محافظت واقعی در برابر دمای بالای کوره نیستند.

۳ .**اطراف کوره را خالی نگه دارید.** هیچ شیء قابل احتراق یا قابل ذوب در شعاع ایمن کوره قرار ندهید.

۴ .**کالیبراسیون و ترموکوپل را جدی بگیرید.** ترموکوپل منحرف می‌تواند کوره را بی‌صدا به دمای خطرناک ببرد.

۵ .**هر مشکل یا شبه‌حادثه را گزارش دهید** .گزارش شما می‌تواند از حادثه بعدی برای خودتان یا همکارانتان جلوگیری کند.

تهیه شده در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی شاهرود– دبیرخانه ی شورای HSE

آذر ۱۴۰۵