

کوره آزمایشگاهی الکتریکی (Electric Laboratory Furnace)

کوره‌های آزمایشگاهی الکتریکی از تجهیزات کلیدی در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و صنعتی هستند که برای عملیات حرارتی، ذوب، کلسیناسیون، آنالیز وزنی و سایر فرآیندهای دمایی بالا استفاده می‌شوند.

۱. مقدمه و اصول عملکرد

کوره‌های آزمایشگاهی بر اساس تبدیل انرژی الکتریکی به حرارت از طریق المنت‌های مقاومتی کار می‌کنند. این کوره‌ها به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

نوع کوره	محدوده دما	کاربرد اصلی
کوره جعبه‌ای (مافل)	تا ۱۲۰۰-۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد	سوزاندن مواد آلی، تصفیه شیشه‌آلات، عملیات حرارتی عمومی
کوره لوله‌ای (تیوب)	تا ۱۲۰۰-۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد	عملیات در اتمسفر کنترل شده، سنتز مواد تحت گاز

اصول عملکرد پایه:

- المنت‌های حرارتی (سیم آهن-کروم یا کانتال) گرما تولید می‌کنند
- عایق‌های سرامیکی یا الیاف آلومینا از اتلاف حرارت جلوگیری می‌کنند
- سنسور دمایی (ترموکوپل نوع K یا R) دما را اندازه‌گیری می‌کند
- کنترل‌کننده PID دمای کوره را تنظیم و تثبیت می‌کند

۲. نکات ایمنی و الزامات پیش از راه‌اندازی

آماده‌سازی محیط و محل استقرار

مورد	الزام
سطح استقرار	سطح صاف، محکم، غیرقابل اشتعال (ترجیحاً پایه سیمانی)
ارتفاع نصب	سطح صاف، محکم، غیرقابل اشتعال (ترجیحاً پایه سیمانی)
فاصله از دیوار	حداقل ۳۰ سانتی‌متر از دیوارها و مواد قابل اشتعال
تهویه	وجود هود یا سیستم تهویه مناسب برای خروج دود و گازها
سیم‌کشی	توسط برقکار مجاز انجام شود، کابل‌ها نباید با بدنه داغ تماس داشته باشند

تجهیزات حفاظت فردی (PPE)

- ✓ دستکش نسوز با عایق حرارتی (مقاوم در برابر دمای کاری)
- ✓ عینک ایمنی یا محافظ صورت
- ✓ روپوش آزمایشگاهی نسوز
- ✓ کفش ایمنی بسته (برای محافظت در برابر ریزش اجسام داغ)

ممنوعیت‌های مطلق

دلیل	ممنوعیت
خطر آتش‌سوزی و انفجار	❌ قرار دادن مواد قابل اشتعال، انفجاری یا فرار
تبخیر ناگهانی و ترکیب‌گی	❌ حرارت دادن مایعات (آب، روغن و...)
تولید گازهای سمی و خورنده	❌ قرار دادن پلاستیک یا مواد آلی بدون تهویه
شوک حرارتی به کوره و خطر سوختگی	❌ باز کردن درب در دمای بالا (بالای ۶۰۰ درجه)

۳. روش کار گام به گام

مرحله ۱: بازرسی قبل از راه‌اندازی

۱. سالم بودن سیم‌ها و اتصالات برق را بررسی کنید
۲. از سلامت ارت (زمین) دستگاه اطمینان حاصل کنید
۳. وضعیت ترموکوپل (حسگر دما) را بررسی کنید (بسیار شکننده است)
۴. اطراف کوره را از مواد قابل اشتعال پاک کنید

مرحله ۲: قرار دادن نمونه در کوره

۱. ظروف مناسب: از بوتله‌ها و ظروف سرامیکی، آلومینایی یا کوارتزی استفاده کنید
۲. نمونه‌های شیشه‌ای: انتهای باز ظروف پیرکس را با فویل آلومینیوم بپوشانید
۳. قرار دادن: ظروف را با احتیاط داخل کوره قرار دهید - مراقب برخورد به ترموکوپل باشید
۴. چیدمان: از شلوغ کردن بیش از حد کوره خودداری کنید

مرحله ۳: تنظیم و راه‌اندازی برنامه حرارتی

تنظیم دما و زمان:

۱. دستگاه را روشن کنید
۲. دمای هدف را با استفاده از کلیدهای بالا/پایین (▲/▼) تنظیم کنید
۳. در صورت وجود برنامه‌ریز (Programmer)، شیب دمایی (Ramp) و زمان ماندگاری (Soak) را تنظیم کنید
 - برخی کوره‌ها امکان برنامه‌ریزی ۱۶ مرحله و ۸ پترن را دارند
۴. دکمه تایید/شروع را فشار دهید

نکات مهم در زمان راه‌اندازی:

- هرگز کوره را بدون مراقبت طولانی مدت رها نکنید
- هر ۱۵-۱۰ دقیقه وضعیت کوره را بررسی کنید
- در صورت امکان از سیستم مانیتورینگ از راه دور استفاده کنید
- از نزدیک بودن کپسول اطفاء حریق اطمینان حاصل کنید

مرحله ۴: پایان کار و سرد کردن

ترتیب صحیح پایان کار:

۱. تنظیم دما به صفر: دمای هدف را با کلید پایین به زیر ۲۰ درجه برسانید و تایید کنید
۲. خاموش کردن کوره: کلید اصلی را خاموش کنید
۳. انتظار برای سرد شدن:
 - دمای زیر ۲۰۰ درجه: حداقل ۲۰ دقیقه تا ۱ ساعت صبر کنید
 - هرگز درب کوره را در دمای بالای ۶۰۰ درجه باز نکنید
۴. تخلیه نهایی: در دمای ایمن (ترجیحاً زیر ۱۰۰ درجه)، با دستکش نسوز نمونه‌ها را خارج کنید

مرحله ۵: تمیزکاری و ثبت اطلاعات

۱. پس از سرد شدن کامل، کف کوره را از هرگونه پسماند تمیز کنید
۲. درب کوره را ببندید تا از جذب رطوبت جلوگیری شود

۳. دفترچه ثبت اطلاعات را تکمیل کنید:

- تاریخ و زمان استفاده
- نام کاربر
- دمای تنظیم شده و زمان ماندگاری
- نوع نمونه و هدف آزمایش
- هرگونه مشاهده غیرعادی

۴. دماها و زمان‌های مرجع

نوع عملیات	دمای توصیه شده	زمان	کاربرد
تصفیه پیرکس	۵۰۰ درجه سانتی‌گراد	حداقل ۱ ساعت	حذف آلودگی‌های آلی
تصفیه کوارتز	۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد	حداقل ۱ ساعت	حذف آلودگی‌های آلی
قلیان (فیلتر شیشه‌ای)	۴۸۰ درجه سانتی‌گراد	کمتر از ۱ ساعت	احیاء و تمیزکاری
عملیات حرارتی عمومی	۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد	طبق پروتکل	تست مواد، عملیات حرارتی
زیرلایه‌های شیشه‌ای	۲۰۰~۱۰۰ درجه سانتی‌گراد	۱-۲ ساعت	خشک کردن و آماده‌سازی

نقاط ذوب مواد رایج برای احتیاط:

- پلی‌پروپیلن: ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد
- آلومینیوم: ۶۶۰ درجه سانتی‌گراد
- پیرکس: ۸۲۰ درجه سانتی‌گراد (نقطه نرم‌شدگی)

۵. نگهداری و عیب‌یابی

برنامه نگهداری منظم

توضیحات	اقدام	دفعات
بررسی سیم‌ها، کانکشن‌ها و وضعیت ترموکوپل	بازرسی بصری	قبل از هر استفاده
پاک کردن گرد و غبار از روی بدنه و اطراف دستگاه	تمیزکاری	هفتگی
بازرسی بصری المنت‌های حرارتی از نظر خوردگی و شکستگی	بررسی المنت‌ها	ماهانه
بررسی و کالیبراسیون سیستم کنترل دما توسط تکنسین متخصص	کالیبراسیون	سالانه

عیب‌یابی مشکلات رایج

مشکل	علت احتمالی	راه حل
دمای واقعی با دمای تنظیم شده مطابقت ندارد	کالیبراسیون نامناسب، ترموکوپل معیوب	کالیبراسیون مجدد، تعویض ترموکوپل
زمان رسیدن به دما طولانی است	المنت فرسوده، ولتاژ پایین، عایق خراب	تعویض المنت، بررسی برق
نوسان دما	مشکل در کنترل PID	تنظیم مجدد پارامترهای کنترلر
کوره روشن نمی‌شود	فیوز سوخته، قطعی برق، مشکل برد کنترل	بررسی فیوزها و برق، تماس با تکنسین
نمایش خطا (مانند b.o.)	ترموکوپل سوخته یا قطع شده	تعویض ترموکوپل

۶. کاربردهای اصلی در آزمایشگاه

- حذف مواد آلی از شیشه‌آلات: تصفیه و احیاء ظروف آزمایشگاهی
- عملیات حرارتی مواد: بازپخت، همگن‌سازی، تنش‌زدایی فلزات و سرامیک‌ها
- کلسیناسیون: تجزیه حرارتی مواد جامد
- آنالیز وزنی: تعیین خاکستر و مواد فرار
- سنتز مواد: تولید اکسیدها، ترکیبات بین فلزی و نانومواد
- پخت سرامیک: زینترینگ و تف جوشی

۷. نکات کلیدی و جمع‌بندی

قانون	توضیح
⚡ ایمنی برق	اتصال ارت (زمین) الزامی است. کابل‌ها نباید با بدنه داغ تماس داشته باشند
🔥 ایمنی حرارت	از PPE مناسب استفاده کنید. هرگز درب کوره در دمای بالا باز نکنید
☑ آماده‌سازی صحیح نمونه	از مواد قابل اشتعال، مایعات و پلاستیک استفاده نکنید
☑ تمیزکاری	پس از هر استفاده، در صورت وجود پسماند، کف کوره را تمیز کنید
📌 ثبت اطلاعات	استفاده از کوره را در دفترچه ثبت کنید تا مشکلات احتمالی ردیابی شوند
🕒 نظارت مستمر	کوره را بدون مراقبت رها نکنید. از سیستم‌های مانیتورینگ خودکار استفاده کنید

✨ جمع‌بندی نهایی

کوره‌های الکتریکی آزمایشگاهی ابزارهای قدرتمندی هستند که با رعایت اصول ایمنی و نگهداری صحیح، می‌توانند سال‌ها خدمات مطمئن ارائه دهند. رعایت دمای نامی کوره، استفاده از ظروف مناسب و نظارت بر فرآیند، کلید دستیابی به نتایج قابل تکرار و ایمن است.