دستورالعمل ایمنی و نگهداری سیستم‌های تحت خلأ

مقدمه

سیستم‌های خلأ در بسیاری از آزمایشگاه‌ها کاربرد روزمره دارند: خشک‌کردن نمونه‌ها، تقطیر تحت خلأ، فیلتراسیون، پوشش‌دهی و تجهیزات آنالیز. اما همین تجهیزات آشنا، در صورت استفاده نادرست یا بی‌توجهی به نگهداری، می‌توانند به منبع جدی خطر تبدیل شوند: فروپاشی شیشه‌آلات، پاشش مواد شیمیایی، آتش‌سوزی ناشی از نقص الکتریکی، و حتی انفجار ناشی از میعان اکسیژن در تله‌های سرد.

این جزوه برای آن نوشته شده است که هم استفاده‌کنندگان روزمره (دانشجویان تحصیلات تکمیلی و پژوهشگران) و هم مسئولان نگهداری آزمایشگاه، اصول ایمنی و نگهداری سیستم‌های خلأ را در یک متن ساده و کاربردی بیابند. هدف این نیست که جایگزین دستورالعمل سازنده تجهیزات شود، بلکه تکمیل‌کننده آن با توجه به شرایط و خطرات واقعی آزمایشگاه‌های دانشگاه است.

بخش اول: خطرات را بشناسید

پیش از هر چیز باید بدانید با چه خطراتی روبه‌رو هستید. چهار خطر اصلی در کار با سیستم‌های خلأ وجود دارد:

فروپاشی شیشه‌آلات: وقتی داخل یک ظرف شیشه‌ای خلأ ایجاد می‌شود، فشار اتمسفر از بیرون به دیواره‌ها فشار می‌آورد. اگر شیشه نازک باشد، خراش یا ترک ریز داشته باشد، یا حجم ظرف بزرگ باشد، ممکن است به طور ناگهانی فروپاشیده و قطعات آن با سرعت پرتاب شوند. این خطر به‌ویژه در فلاسک‌های ته‌گرد بزرگ (بیش از یک لیتر) جدی است.

بخارات و مواد شیمیایی: پمپ‌های خلأ بخارات مواد فرار را از سیستم بیرون می‌کشند. اگر این بخارات به پمپ برسند، می‌توانند روغن پمپ را آلوده کنند، به بیرون نشت کنند یا در تله‌های سرد میعان شوند. برخی مواد شیمیایی در ترکیب با روغن پمپ یا در اثر حرارت، ترکیبات خطرناکی تولید می‌کنند.

از دست دادن ناگهانی خلأ: اگر اتصالی شل شود یا شیشه‌ای بشکند، هوا به طور ناگهانی به سیستم وارد می‌شود. این می‌تواند باعث پاشش مواد داخل ظرف، جابه‌جایی نمونه یا شکستن اتصالات دیگر شود.

خطر الکتریکی و آتش: پمپ‌های خلأ معمولاً موتور الکتریکی دارند. سیم‌کشی فرسوده، اتصال نامناسب یا بارگذاری بیش از حد می‌تواند باعث جرقه، داغ شدن سیم یا آتش‌سوزی شود. این خطر وقتی جدی‌تر می‌شود که بخارات قابل احتراق در محیط وجود داشته باشد.

بخش دوم: قبل از شروع کار چه باید کرد

لباس و تجهیزات حفاظت فردی: حداقل تجهیزات لازم برای کار با سیستم خلأ عبارت‌اند از: عینک ایمنی یا عینک محافظ شیمیایی، روپوش آزمایشگاهی، دستکش مناسب با نوع ماده شیمیایی در حال کار، و کفش بسته. اگر با ظروف شیشه‌ای تحت خلأ کار می‌کنید، استفاده از سپر صورت توصیه می‌شود.

انتخاب ظرف مناسب: فقط از شیشه‌آلاتی استفاده کنید که برای خلأ طراحی شده‌اند (شیشه‌آلات درجه خلأ). شیشه‌های نازک، ظروف دارای خراش یا ترک‌های ریز، و فلاسک‌های ته‌گرد نازک برای کار تحت خلأ مناسب نیستند. اگر ناچار به استفاده از فلاسک ته‌گرد هستید، حجم آن را زیر ۲۵۰ میلی‌لیتر نگه دارید و ظرف را با نوار چسب یا پوشش پلاستیکی بپیچید تا در صورت شکستن، قطعات پرتابی کاهش یابد.

بررسی اتصالات: همه اتصالات لوله‌های لاستیکی، اتصالات شیشه‌ای ساییده، گیره‌ها باید سالم و محکم باشند. لوله‌های ترک‌خورده یا سفت‌شده را تعویض کنید. اتصالات شیشه‌ای ساییده را با گریس مناسب روان‌کاری کنید تا هم آب‌بندی شود و هم جدا کردن آن‌ها آسان باشد.

محل استقرار: سیستم خلأ را روی سطح پایدار و در محیط با تهویه خوب (مثلاً داخل هود شیمیایی) قرار دهید. اگر امکان دارد، اطراف ظروف شیشه‌ای را با صفحات پلاستیکی شفاف بپوشانید تا در صورت فروپاشی، قطعات به سمت شما پرتاب نشوند.

بخش سوم: هنگام کار چه باید کرد

تله سرد را جدی بگیرید. بین تجهیزات آزمایشی و پمپ خلأ باید همیشه یک تله سرد (cold trap) نصب باشد. وظیفه تله این است که بخارات مواد شیمیایی را قبل از رسیدن به پمپ میعان کند. اگر با حلال‌های فرار یا مواد خورنده کار می‌کنید، تله را تا حداقل منفی ۶۰ درجه سانتی‌گراد سرد کنید. برای این کار می‌توانید از مخلوط یخ خشک و ایزوپروپان (منفی ۷۸ درجه) یا نیتروژن مایع (منفی ۱۹۶ درجه) استفاده کنید.

نکته حیاتی درباره نیتروژن مایع :اگر از نیتروژن مایع برای سرد کردن تله استفاده می‌کنید، سیستم باید در تمام مدت قبل، در حین و بعد از استفاده تحت خلأ باشد. اگر سیستم تحت خلأ نباشد، اکسیژن هوا در تله میعان کرده و با نیتروژن مایع مخلوط می‌شود. این مخلوط می‌تواند در تماس با مواد قابل احتراق یا در اثر جرقه، انفجار ایجاد کند. این یکی از جدی‌ترین خطرات کار با سیستم‌های خلأ است و باید همیشه به خاطر سپرده شود.

تخلیه به موقع تله: وقتی مواد میعان‌شده در تله به حدود نیمه رسید، یا وقتی کار تمام شد، تله را تخلیه کنید. تله پر می‌تواند باعث مسدود شدن مسیر خلأ، افزایش فشار و در نهایت نشت یا شکستن شود.

مراقب اگزوز پمپ باشید: اگزوز پمپ خلأ باید به هود شیمیایی یا به یک تله مناسب(مثلا گازشور) هدایت شود. هرگز اگزوز پمپ را در فضای بسته آزمایشگاه رها نکنید، به‌ویژه اگر بخارات سمی یا قابل احتراق از سیستم خارج می‌شوند.

تغییرات ناگهانی را جدی بگیرید: اگر صدای غیرعادی از سیستم می‌شنوید، اگر فشار خلأ به طور ناگهانی تغییر می‌کند، یا اگر بوی نامطبوعی حس می‌کنید، فوراً پمپ را خاموش کنید و بررسی کنید. ادامه کار با سیستم معیوب، خطر را چند برابر می‌کند.

بخش چهارم: بعد از پایان کار

توقف تدریجی: هنگام خاموش کردن سیستم، ابتدا خطوط خلأ را به آرامی تهویه کنید تا به فشار اتمسفر برسند، سپس پمپ را خاموش کنید. قطع ناگهانی خلأ می‌تواند باعث مکش روغن پمپ به داخل خطوط یا آسیب به تجهیزات شود.

تخلیه تله: پس از پایان کار، تله سرد را تخلیه و تمیز کنید. مواد جمع‌آوری‌شده در تله را به عنوان پسماند شیمیایی مدیریت کنید، نه در فاضلاب.

تمیزکاری: سطوحی که با مواد شیمیایی در تماس بوده‌اند را با مواد مناسب تمیز کنید. لوله‌ها و اتصالات را بررسی کنید و در صورت نیاز تعویض یا تعمیر کنید.

ثبت در دفتر نگهداری: هر عملیات مهم تعویض روغن، تعویض تله، تعمیر اتصال را در دفتر نگهداری سیستم ثبت کنید. این سوابق برای پیگیری مشکلات و برنامه‌ریزی نگهداری دوره‌ای ضروری هستند.

بخش پنجم: نگهداری دوره‌ای

بازرسی روزانه: قبل از هر بار استفاده، یک بازرسی چشمی ساده انجام دهید: وضعیت لوله‌ها، اتصالات، ظروف شیشه‌ای، و عدم وجود ترک یا نشتی. این کار کمتر از یک دقیقه وقت می‌گیرد اما می‌تواند از بسیاری از حوادث جلوگیری کند.

تعویض روغن پمپ: روغن پمپ‌های خلأ چرخشی روغنی باید طبق توصیه سازنده و بر اساس میزان استفاده تعویض شود. پمپ‌هایی که به ندرت استفاده می‌شوند نیز باید حداقل هر شش ماه یک‌بار روغن‌شان تعویض گردد. اگر روغن پمپ آلوده به حلال یا مواد شیمیایی شده است، فوراً آن را تعویض کنید. روغن مستعمل را به عنوان پسماند شیمیایی علامت‌گذاری و دفع کنید.

بررسی تله سرد: سطح خنک‌کننده تله را به طور منظم بررسی کنید. ظرف دیواره تله را با فوم، پشم شیشه یا فویل بپوشانید تا تبخیر کاهش یابد و از میعان اکسیژن جلوگیری شود.

بررسی الکتریکی: سیم‌کشی برق پمپ‌ها را دوره‌ای بررسی کنید. سیم‌های فرسوده، پریزهای شل یا اتصالات بدون اتصال زمین را تعویض یا تعمیر کنید. پمپ‌هایی که در محیط مرطوب یا در نزدیکی مواد شیمیایی کار می‌کنند، باید از نظر خوردگی بررسی شوند.

ثبت نگهداری: هر عملیات نگهداری را با تاریخ، نوع کار، اپراتور و توضیحات ثبت کنید. این سوابق باید حداقل سه سال نگهداری شوند.

بخش ششم: اگر مشکلی پیش آمد

فروپاشی شیشه‌آلات: اگر ظرف شیشه‌ای تحت خلأ فروپاشید، ابتدا از خود و اطرافیان محافظت کنید. تا زمانی که تجهیزات حفاظت فردی کامل (دستکش ضخیم، عینک، ماسک در صورت نیاز) نپوشیده‌اید، اقدام به جمع‌آوری قطعات نکنید. قطعات شیشه و مواد آلوده را به عنوان پسماند شیمیایی مدیریت کنید.

نقص الکتریکی: اگر از پمپ خلأ دود، جرقه یا بوی سوختگی مشاهده کردید، فوراً برق را از کلید اصلی قطع کنید و به تجهیزات دست نزنید. نقص را به مسئول آزمایشگاه گزارش دهید و تا تعمیر، از پمپ استفاده نکنید.

نشت یا بوی مواد شیمیایی: اگر بوی نامطبوع حس کردید یا متوجه نشت شدید، پمپ را فوراً خاموش کنید، منطقه را تخلیه کنید و با تیم اضطراری HSE دانشگاه تماس بگیرید. در صورت نیاز، ساختمان را تخلیه کنید و از ورود افراد غیرمرتبط جلوگیری نمایید.

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 و جلوگیری از حوادث آینده کمک می‌کند.

جمع‌بندی: چند قانون طلایی

۱ .**همیشه از شیشه‌آلات درجه خلأ استفاده کنید** و ظروف بزرگ را با پوشش محافظ بپیچید.

۲ .**تله سرد را جدی بگیرید** و هرگز با نیتروژن مایع بدون خلأ کار نکنید.

۳ .**قبل از هر استفاده، یک بازرسی چشمی سریع انجام دهید**. یک دقیقه وقت، ساعت‌ها دردسر را کم می‌کند.

۴ .**روغن پمپ را به موقع تعویض کنید** و روغن مستعمل را به عنوان پسماند شیمیایی دفع نمایید.

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

آبان ۱۴۰۵