جهاد دانشگاهی
سازمان جهاد دانشگاهی صنعتی شریف

فصلنامه مرکز فناوری خلأ بالا

تابستان ۱۴۰۰
شماره ۲

مرکز فناوری خلأ بالا با تکیه بر دانش و تجربه متخصصان داخلی از سال ۱۳۷۶ فعالیت خود را در زمینه طراحی و ساخت سیستم های لایه نشانی تحت خلأ به روش تبخیر فیزیکی مواد (PVD) آغاز کرده است. در این سه دهه که از فعالیت این مرکز گذشته، سامانه ها و زیرسامانه های زیادی در این زمینه به بازار عرضه کرده است.

در فصلنامه های این مرکز سعی می شود علاوه بر معرفی این محصولات و کاربردهای آن به برخی موارد پایه ای در زمینه فناوری خلأ و اخبار این حوزه نیز پرداخته شود.

در این شماره می‌خوانید:

صفحه

- اخبار مرکز فناوری خلأ ۲
- معرفی تفنگ الکترونی ۳
- نشت و نشت‌یابی در خلأ ۴
- روایت تدوین یک استاندارد ۵
- استانداردهای انتشاریافته ISO در زمینه فناوری خلأ ۶

نصب و تحویل‌دهی دستگاه لایه‌نشانی PVD تحت خلأ به دانشگاه شاهد تهران

به همت کارشناسان و متخصصان مرکز فناوری خلأ بالا، سامانه لایه‌نشانی نیمه اتوماتیک تبخیر مقاومتی و اسپاترینگ مدل ETS-I160 طراحی، ساخته و در آزمایشگاه لایه‌نشانی دانشکده علوم پایه دانشگاه شاهد نصب و راه‌اندازی شد.
این سامانه دارای یک محفظه ۱۱۰ لیتری استیل است که توسط دو پمپ توربومولکولار و روتاری خلأ می‌شود.
به علاوه این سامانه مجهز به کاتد مگنترون اسپاترینگ ۳ اینچ، منبع تبخیر مقاومتی، نمونه گردان با قابلیت تنظیم دور، گرمکن ۳۰۰ درجه نمونه، ضخامت‌سنج و... است.
از این سامانه برای لایه‌نشانی مواد مختلف با خلوص بالا، با حفظ استوکیومتری استفاده می‌شود.

اتمام فاز دوم قرارداد فروش دستگاه لایه‌نشانی تحت خلأ با دانشگاه جهرم

فاز اول و دوم قرارداد فروش سامانه لایه‌نشانی نیمه اتوماتیک تبخیر مقاومتی مدل **EDS-100** که در خرداد ماه ۱۴۰۰ با دانشگاه جهرم منعقد شده بود، با موفقیت به انجام رسید.
این سامانه دارای یک محفظه ۴۰ لیتری از جنس استیل است؛ که توسط دو پمپ دیفیوژن و روتاری خلأ می‌شود.
به علاوه این سامانه مجهز به دو منبع تبخیر مقاومتی، نمونه گردان با قابلیت تنظیم دور، گرمکن ۳۰۰ درجه نمونه، ضخامت‌سنج و ... است.

چاپ دو مقاله علمی پژوهشی با همکاری محققان گروه فناوری خلأ

در تابستان امسال دو مقاله علمی پژوهشی با عناوین:

Comparing half-metallic, MOKE, and thermoelectric behavior of the CrTiZ (Z= As, P) half-Heuslers: The effect of thickness and film DFT study the effect of thickness and film homogeneity on the optical and microstructures of the ZrO_2 thin films prepared by electron beam evaporation method.

به ترتیب در دو مجله

"Materials Research Express" و "Optical and Quantum Electronics" به چاپ رسیده است.

این دو مقاله حاصل همکاری محققین گروه پژوهشی فناوری خلأ جهاددانشگاهی صنعتی شریف با پژوهشگران دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی دیگر بوده است.

معرفی تفنگ الکترونی

تفنگ الکترونی منبعی است که با عبور جریان از یک فیلامان، آن را داغ کرده و الکترون تولید می کند.
الکترون های تولید شده تحت تاثیر میدان الکتریکی و مغناطیسی انرژی گرفته، متمرکز شده و بصورت پرتوی الکترونی به سمت بوته ای که ماده مورد نظر برای تبخیر و لایه نشانی درآن قرار دارد، هدایت می شوند. الکترون های پرانرژی برخورد کننده با ماده هدف، باعث داغ شدن و تبخیر آن می شوند.
با توجه به انرژی بالای الکترون ها امکان تبخیر و ایجاد لایه نازک از مواد دیرگداز که با سایر روش ها قابلیت لایه‌نشانی ندارند مهیا می شود.

تفنگ الکترونی برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۸۰ توسط مرکز فناوری خلأ جهاد دانشگاهی صنعتی شریف ساخته شده است ودر حال حاضر یکی از محصولات اصلی و بهینه این مرکز است که در بسیاری از دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.
قطر پرتوی این تفنگ الکترونی ۶ میلی‌متر و بیشینه جریان الکترونی۰/۵ آمپر و انرژی پرتو ۶ کیلوولت است.
از این زیرسامانه می توان در کنار چشمه پرتوی یون که یکی دیگر از محصولات پرکاربرد این مرکز است، برای دستیابی به لایه‌های چگال و با چسبندگی بسیار بالا استفاده کرد.

کاربردها

– تبخیر و لایه نشانی مواد دیرگداز
Ni, Pt, Ir, Rh, Ti, V, Zr, W, Ta, Mo, Al_2O_3, SiO, SiO_2, SnO_2, TiO_2, ZrO_2
و بسیاری مواد دیگر
– ساخت لایه های ضد سایش و خوردگی در صنایع برش و ابزار
– ساخت لایه های مقاوم در برابر سایش و حرارت در صنعت هوا فضا
– ساخت ادوات نیمه هادی
– ساخت مدارات مجتمع
– فوتونیک و اپتوالکترونیک

مزایای لایه‌نشانی با تفنگ الکترونی در مقایسه با روش‌های دیگر

- کنترل دقیق ساختار و مورفولوژی
- تمرکز دقیق انرژی گرمایی بر روی هدف و مصرف انرژی پایین تر
- قابلیت لایه‌نشانی مواد دیرگداز
- خلوص بالاتر لایه نسبت به روش مقاومتی
- بهره‌وری ماده هدف بالاتر
- سرعت لایه‌نشانی نسبتاً بالا (۰/۱ تا ۱۰۰ نانومتر بر دقیقه)
- عدم نیاز به حضور گاز خنثی در حین لایه‌نشانی (فشار کاری: 10^{-5}- 10^{-6} تور)

نشت و نشت‌یابی در خلأ

به طور کلی نشت به افزایش فشار برحسب میلی‌بار در مدت یک ثانیه در محفظه‌ای به حجم یک لیتر گفته می‌شود و واحد آن mbar.lit/s است. مقدار نشت به خصوص نشت کاذب به فشار و دمای محیط بستگی دارد.

این مسأله را بایستی مد نظر قرار داد، که هیچ محفظه‌ی خلأ، بدون نشت وجود ندارد و اگر سیستم خلأ بدون اتصال به پمپ رها شود، پس از مدتی فشار آن بالا می‌رود. با توجه به فشار مورد انتظار در محفظه مقدار نشت مجاز برای سیستم خلأ تعریف می‌شود.

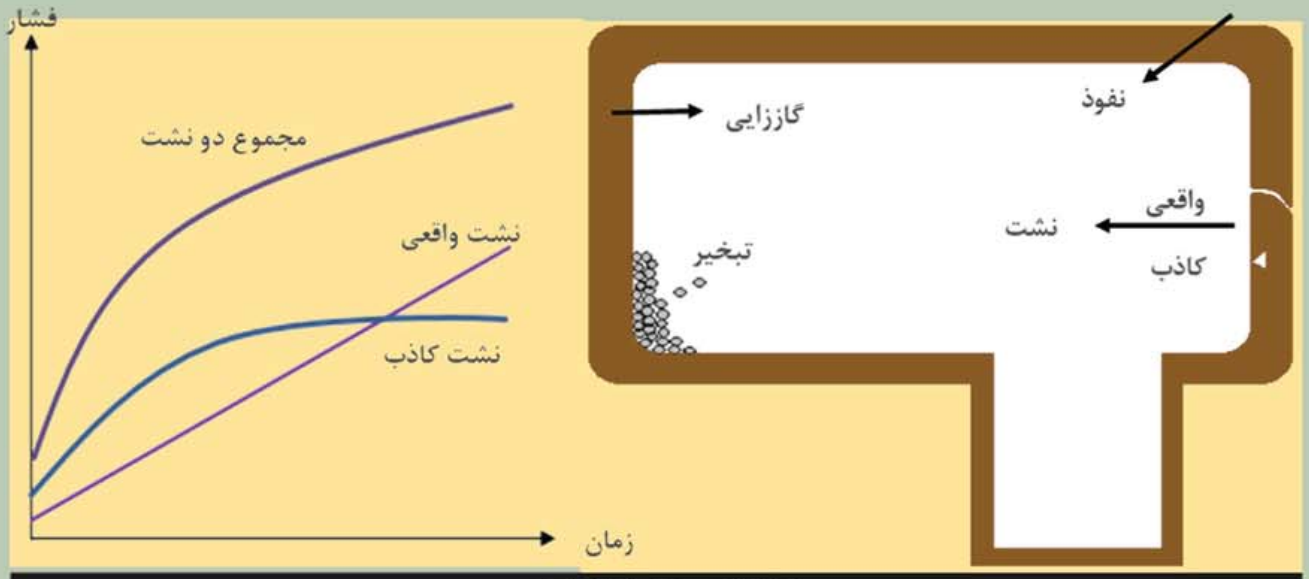
براین اساس می‌توان مقدار افزایش فشار مجاز در یک بازه زمانی مشخص را تعیین کرد.

$q = \frac{\Delta P}{\Delta t} \times V\ (mbar.lit/s)$	مشکل آب بندی	نشت قابل قبول	آب بندی خوب
خلأ متوسط	$> ۱۰^{-۲}$	$۱۰^{-۳}$	$< ۱۰^{-۴}$
خلأ بالا	$> ۱۰^{-۴}$	$۱۰^{-۵}$	$< ۱۰^{-۶}$

* انواع نشت

نشت ممکن است واقعی، کاذب یا مجموع این دو باشد. نشت واقعی در اثر ورود گاز از خارج به داخل محفظه از سوراخ ریز یا درزهای ناخواسته ایجاد می‌شود. مقدار این نشت در طول زمان ثابت است و در یک شیب ثابت باعث بالا رفتن فشار می‌شود.

اما نشت کاذب در اثر گاززایی مواد داخل محفظه یا نفوذ گازهای بسیار ریز از بیرون به داخل محفظه یا تبخیر مواد با فشار بخار پایین در داخل محفظه و یا دلایل دیگر صورت می‌گیرد. مقدار نشت کاذب در طول زمان، با افزایش زمان پمپینگ کاهش و تاثیرش در افزایش فشار محفظه کاهش می‌یابد.



انواع نشت و رفتار آنها در زمان

روش‌های اندازه‌گیری نشت

دو روش اصلی برای اندازه‌گیری میزان نشت یک سیستم خلأ وجود دارد.
* روش کم فشار * روش پر فشار
- در روش کم فشار که معمولاً برای بررسی نشتی در تجهیزات خلأ از آن استفاده می‌شود، محفظه تا فشار نهایی توسط پمپ‌های خلأ تخلیه می‌شود و سپس ارتباط محفظه از سیستم پمپینگ قطع می‌شود. در ادامه افزایش فشار در یک مدت زمان معین اندازه‌گیری شده و مقدار نشتی محفظه محاسبه می‌گردد. این روش دقت بالایی دارد اما آهنگ نشت محاسبه شده در این روش شامل مجموع نشت واقعی و کاذب است. برای پیدا کردن نشت واقعی می‌توان محفظه را سرد کرد تا نشت های کاذب تا حدودی حذف شوند.
- در روش پر فشار محفظه در فشاری بالاتر از فشار اتمسفر قرار داده می شود. سپس در یک مدت زمان مشخص تغییرات فشار ثبت می‌شود. به این ترتیب می‌توان نرخ نشتی واقعی را بدست آورد. اما دقت این روش کمتر از روش کم فشار است و به علاوه برخی محفظه‌ها و قطعات امکان افزایش فشار ندارند و آسیب می‌بینند.

نشت یاب کویل تسلا

تست حباب

*ردیابی محل نشت

برای پیدا کردن محل نشت روش‌های مختلفی وجود دارد که می‌توان به تست حباب، نشت‌یاب هالوژنی، نشت‌یاب هلیومی، استفاده از طیف‌سنج جرمی و نشت‌یاب کویل تسلا اشاره کرد.
اما یکی از ساده‌ترین روش‌ها پاشش سیالی با وزن جرمی متفاوت از هوا (غالباً الکل) به محل‌های احتمالی نشت و قرائت فشار با خلأسنج‌هایی که فشار خوانده شده در آنها به نوع گاز بستگی دارد (مثل خلأسنج پیرانی یا یونیزاسیون) است. در این حالت در صورت وجود نشتی، بسته به وزن جرمی سیال پاشیده شده به محل مورد بحث فشار ناگهان بالا یا پایین می‌رود.
یکی دیگر از روش‌های متداول مکان‌یابی نشت، استفاده از نشت‌یاب هلیومی است. که به دو صورت کم فشار و پرفشار قابل اجراست.
در روش پرفشار محفظه مورد بررسی را از هلیوم پر کرده و سپس آشکارساز هلیومی را به نقاط مشکوک به نشت نزدیک می‌کنیم، در صورت نشت هلیوم نشت‌یاب هلیومی هشدار می‌دهد.
در روش کم فشار محفظه تحت بررسی را به صورت موازی به سیستم پمپینگ و نشت‌یاب هلیومی متصل کرده و سپس به نزدیکی نقاط مشکوک، هلیوم اسپری می‌کنید در صورت وجود نشتی در محفظه هلیوم به داخل محفظه رفته و توسط نشت‌یاب هلیومی شناسایی شده و هشدار داده می‌شود.

نشت یاب هلیومی

روایت تدوین یک استاندارد

استانداردسازی اولین بار در سال ۱۹۴۱ با هدف ایجاد زبان مشترک بین سازنده و مصرف کننده انجام شد. با این کار سازنده و مصرف کننده دقیقاً می‌دانستند چه چیزی را با چه مشخصات عملکردی بایستی تحویل دهند و تحویل بگیرند. بنابراین به مرور در هر کشوری سازمان استاندارد برای تنظیم و سندیت بخشیدن به این اسناد تاسیس شد.

کم کم با افزایش روابط اقتصادی بین کشورها و تجارت بین الملل لازم شد که زبان استاندارد بصورت واحد و مشترک بین همه کشورها ایجاد شود. به همین منظور سازمان استاندارد بین المللی ISO با مشارکت بیش از ۲۵ کشور در ژنو سوئیس تأسیس شد.

در حال حاضر ایران و بسیاری از کشورهای دیگر نیز به این سازمان پیوسته‌اند و با توجه به منافع ملی خود در تدوین استانداردهای بین المللی ISO مشارکت می‌کنند.

یک استاندارد از مرحله پیشنهاد شدن آن توسط یک کشور تا مرحله تأئید نهایی و انتشار عمومی، چندین بار بین کشورهای عضو اشتراک گذاشته شده و اصلاح و تکمیل می‌شود. این فرآیند در حدود ۲۴ تا ۳۶ ماه زمان می‌برد. به علاوه با گذشت شش سال از انتشار هر استاندارد، استاندارد موجود مجددا بررسی می‌شود تا در صورت وجود تناقض با یافته‌های جدید علمی یا صنعتی اصلاح و بروزرسانی شود.

در حال حاضر ۸ استاندارد در رابطه با پمپ‌های خلأ و عملکرد آنها، ۹ استاندارد در زمینه انواع خلأسنج و کالیبراسیون و ۸ استاندارد دیگر نیز در بخش اتصالات و شیرهای خلأ توسط کمیته فنی فناوری خلأ سازمان استاندارد ISO منتشر شده و دارای اعتبار است.

لیست این استانداردها در صفحه بعدی این خبرنامه آمده است.

ایران عضو اصلی کمیته فنی فناوری خلأ (ISO-TC112) است و بایستی بر روی همه اسناد این حوزه نظر دهد.

دبیرخانه کمیته متناظر فناوری خلأ در ایران در جهاددانشگاهی صنعتی شریف مستقر است و استانداردهای در دست تدوین در مراحل مختلف را بین صاحب‌نظران این حوزه در داخل کشور به اشتراک گذاشته و پس از جمع‌آوری و یکپارچه کردن نظرات، آن را برای سازمان استاندارد ISO ارسال می‌کند.

از علاقمندان و فعالان در عرصه‌های صنعت، پژوهش، آموزش، تجارت و بهره‌برداری از فناوری خلأ دعوت می‌شود جهت مشارکت در تدوین استانداردهای بین‌المللی خلأ یا دریافت متن هر یک از استانداردهای انتشار یافته ISO از طریق ایمیل ISIRITC112@gmail.com یا شماره تلفن‌های مرکز فناوری خلأ بالا با دبیرخانه کمیته متناظر فناوری خلأ تماس حاصل فرمایند. به علاوه بسیاری از استانداردهای بین‌المللی فناوری خلأ توسط سازمان استاندارد ایران (ISIRI) به استاندارد ملی تبدیل شده‌اند و متن فارسی آن در سایت http://standard.isiri.gov.ir/ در دسترس علاقه‌مندان قرار دارد.

استانداردهای انتشاریافته ISO در زمینه فناوری خلأ

- استانداردهای مرتبط با پمپ‌های خلأ و عملکرد آنها

ISO 3529-2:2020: Vacuum technology — Vocabulary — Part 2: Vacuum pumps and related terms
ISO 1608-1:1993: Vapor vacuum pumps — Measurement of performance characteristics — Part 1: Measurement of volume rate of flow (pumping speed)
ISO 1608-2:1989: Vapor vacuum pumps — Measurement of performance characteristics — Part 2: Measurement of critical backing pressure
ISO 21360-1:2020: Vacuum technology — Standard methods for measuring vacuum-pump performance — Part 1: General description
ISO 21360-2:2020: Vacuum technology — Standard methods for measuring vacuum-pump performance — Part 2: Positive displacement vacuum pumps
ISO 21360-3:2019: Vacuum technology — Standard methods for measuring vacuum pump performance — Part 3: Specific parameters for mechanical booster vacuum pumps
ISO 21360-4:2018: Vacuum technology — Standard methods for measuring vacuum-pump performance — Part 4: Turbomolecular vacuum pumps
ISO 27892:2010: Vacuum technology — Turbomolecular pumps — Measurement of rapid shutdown torque

- استانداردهای مرتبط با خلأسنج ها و کالیبراسیون

ISO 3567:2011: Vacuum gauges — Calibration by direct comparison with a reference gauge
ISO 19685:2017: Vacuum technology — Vacuum gauges — Specifications, calibration and measurement uncertainties for Pirani gauges
ISO 20146:2019: Vacuum technology — Vacuum gauges — Specifications, calibration and measurement uncertainties for capacitance diaphragm gauges
ISO/TS 20175:2018: Vacuum technology — Vacuum gauges — Characterization of quadrupole mass spectrometers for partial pressure measurement
ISO/TS 20177:2018: Vacuum technology — Vacuum gauges — Procedures to measure and report outgassing rates
ISO 14291:2012: Vacuum gauges — Definitions and specifications for quadrupole mass spectrometers
ISO 27893:2011: Vacuum technology — Vacuum gauges — Evaluation of the uncertainties of results of calibrations by direct comparison with a reference gauge
ISO 27894:2009: Vacuum technology — Vacuum gauges — Specifications for hot cathode ionization gauges

- استانداردهای مرتبط با اتصالات و شیرهای خلأ

ISO 1609:2020: Vacuum technology — Dimensions of non-knife edge flanges
ISO 2861:2020: Vacuum technology — Dimensions of clamped-type quick-release couplings
ISO 3529-1:2019: Vacuum technology — Vocabulary — Part 1: General terms
ISO 3669:2020: Vacuum technology — Dimensions of knife-edge flanges
ISO 9803-1:2020: Vacuum technology — Mounting dimensions of pipeline fittings — Part 1: Non knife-edge flange type
ISO 9803-2:2020: Vacuum technology — Mounting dimensions of pipeline fittings — Part 2: Knife-edge flange type
ISO 21358:2020: Vacuum technology — Right-angle valve — Dimensions and interfaces for pneumatic actuator
ISO 27895:2009: Vacuum technology — Valves — Leak test

خدمات وتوانائی‌های تخصصی مرکز فناوری خلأ بالا

* طراحی و ساخت سیستم‌های لایه‌نشانی در خلأ بالا و تجهیزات جانبی طبق سفارش
* تعمیر و نگهداری و راه‌اندازی مجدد انواع سیستم‌های لایه‌نشانی در خلأ
* تأمین کننده انواع تجهیزات خلأ شامل:
  انواع پمپ، خلأسنج، شیرهای خلأ، روغن‌های خلأ، کریستال، بوته و ...
* انجام پروژه‌های لایه‌نشانی خاص به روش PVD
* برگزارکننده دوره‌های آموزشی مرتبط با فناوری خلأ
* ارائه مشاوره تخصصی در زمینه طراحی و ساخت در انجام پروژه صنعتی، نیمه صنعتی و پایان‌نامه‌های دانشجویی

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بلوار شهید اکبری، خیابان شهید قاسمی، پلاک ۷۱

تلفن: ۶۶۰۷۵۶۱۸-۰۲۱

نمابر: ۶۶۰۷۵۶۱۳-۰۲۱

ایمیل: hivac@jdsharif.ac.ir

سایت: http://sharif.acecr.ac.ir/fa

jdsharif.ac.ir/hivac-ce

jdsharif.ac.ir/hivac-gr

hivac@jdsharif.ac.ir

sharif.acecr.ac.ir/fa/page/4302

sharif.acecr.ac.ir/fa/page/4296