نشریه پیام آبکار شماره ۳۲ پاییز ۱۴۰۰

نویسنده: محمدرضا فرشچی

گروه نشریات پوششهای سطحی و پیام آبکار
magazine@irancoat.ir

کنترل فرآیند در آبکاری

بخش ۵: ادامه بازرسی پوشش آبکاری

در شماره اخیر نشریه پیام آبکار در بخش کنترل فرآیند در آبکاری در ارتباط با بازرسی پوشش آبکاری، تعاریف آن به طور مفصل مورد بحث و بررسی قرار گرفت حال در این شماره، به ادامه همین مبحث پرداخته می‌شود.

گزارش نویسی بازرس

فرم گزارش باید حاوی اطلاعات اولیه زیر باشد.

- ❑ تاریخ گزارش
- ❑ شیفت بازرسی
- ❑ ساعت بازرسی
- ❑ ایستگاه بازرسی
- ❑ نام بازرس
- ❑ نام مسول بخش
- ❑ دلایل مرجوع شدن
- ❑ تعداد قطعات معیوب

گزارش نویسی بازرس

فرم گزارش باید حاوی اطلاعات اولیه زیر باشد.

- ❑ پس از بازدید باید تمام عیوب ظاهری با جزییات گزارش شود.
- ❑ شرایطی که باعث ایجاد عیوب شده است ثبت شود.
- ❑ پیشنهاد مراحل اصلاح داده شود.
- ❑ تمامی اسناد شامل داده‌های تحلیلی و عکس‌ها و نمونه قطعات جمع ،وری سود.
- ❑ از تمامی اسناد و مدارک ثبت شده چند نسخه کپی داشته باشید.
- ❑ هر گونه گفتگو و تبادل نظر با کارفرما و یا مشاور در مورد پوشش ثبت شود.
- ❑ در صورت امکان به کیفیت پوشش امتیاز داده شود.
- ❑ یک آرشیو از گزارش‌های بازرسی تهیه شود تا مدیران مجموعه بتوانند تحلیل‌های دوره‌ای داشته باشند.

روش شناسایی ترکیب شیمیایی پوشش

تجزیه شیمیایی مواد به روش های مختلف نظیر زیر صورت می‌گیرد:

- شیمی تر
- آنالیز شیمیایی به روش کوانتومتری اتمیک ابزورپشن،XRD ، XRF
- آنالیز نقطه ای، خطی و سطحی توسط میکروسکوپ الکترونی SEM
- الکترولیز

آزمایشگاه شیمی

عمده ترین دستگاه‌هایی که برای تعیین ترکیب شیمیایی مواد در روش شیمی تر به کار می‌روند دستگاه‌های:

- **اسپکتروفتومتر**
- **دستگاه جذب اتمی**
- **ICP**

روش طیف سنجی جذب اتمی

- طیف سنجی جذب اتمی یک روش اسپکتروسکوپی برای اندازه‌گیری کمی عناصر شیمیایی با استفاده از جذب اشعه نوری توسط اتم در حالت گازی است.
- به طور خلاصه الکترون‌های اتم ها با جذب طول موج مشخصی به حالت برانگیختگی در می‌آیند و زمانی که به حالت پایدار برمی‌گردند از خود طول موج مشخصی ساطع می‌کنند که طبق آن می‌توان نوع عناصر موجود در پوشش را مشخص نمود.
- از این روش بیشتر برای تعیین میزان کربن و گوگرد در فولادها، عناصر موجود در آلیاژهای فلزی، اکسیدها و... استفاده می‌شود.

روشICP

- روش Inductively Coupled Plasma یا به اختصار ICP از جمله روش‌های طیف سنجی نشری است که اتم سازی در آن به کمک پلاسمای تولید شده توسط یک گاز بی اثر(عمدتا آرگون) ضورت می‌پذیرد.
- این دستگاه بر اساس نشر اتمی کار می‌کند که می‌تواند تعداد زیادی از عناصر جدول تناوبی را در ترکیبات مختلف از جمله نمونه‌های خاک، آب، فلزات و نمونه‌های پلیمری اندازه‌گیری کند.
- این روش در مقایسه با روش‌های دیگر، روشی حساس تر با حد تشخیص بهتر و تکرارپذیری بالاتر است.
- مزیت عمده این دستگاه، اندازه‌گیری همزمان عناصر در مدت زمان کوتاه و با دقت و تکرار پذیری بالا می‌باشد.

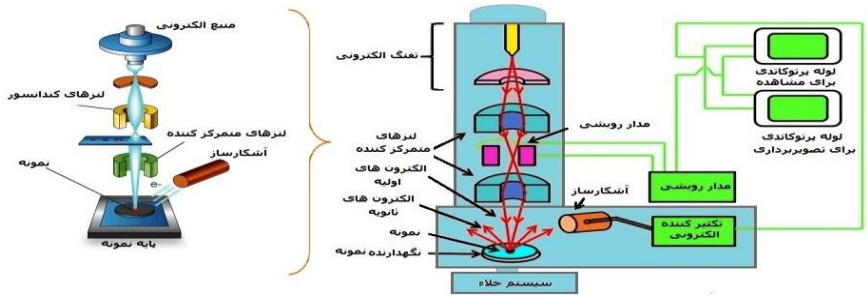
روش میکروسکوپ الکترونی(SEM)

امروزه میکروسکوپ‌های الکترونی به طور وسیعی در مراکز تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرند به طوری که با بکارگیری قابلیت‌های نرم افزاری، اطلاعات بسیار مفیدی در راستای مشخصه‌های مواد در زمینه علوم مختلف بدست می‌آید.

اساس کار میکروسکوپ‌های الکترونی مبتنی بر روبش سطح نمونه توسط پرتوالکترونی می‌باشد.

این میکروسکوپ‌ها عموما در خلا کار می‌کنند و پس از ایجاد خلا با انجام عملیات روبش توسط پرتو الکترونی بر روی سطح نمونه، از سطح نمونه تصویری بر روی صفحه نمایشگر مشاهده می‌گردد.

با تغییر ابزار ثبت پرتو می‌توان تصاویری با اطلاعات مختلف از سطح نمونه بدست آورد.



روشXRF

برای اندازه گیری مقدار عناصر دو روش وجود دارد یکی روش‌های شیمی تجزیه که عمدتاً از تیتراسیون استفاده می‌شود و دیگری روش‌ها تجزیه غیر مخرب بوسیله اشعه X که اصطلاحاً به آن XRF گفته می‌شود که مخفف کلمه X Ray Fluorescenceمی‌باشد.

- مزیت استفاده از XRFنسبت به روش‌های شیمیایی سرعت بالا و هزینه پایین و دقت قابل قبول است .

XRFدستگاهی است برای اندازه‌گیری طول موج و شدت امواج فلورسانس ساطع شده از اتم‌های مختلف در نمونه که نتیجه آن شناسایی نوع و میزان عناصر ماده می‌باشد.

دستگاه XRF کاربرد وسیعی در بسیاری از علوم دارد و امروزه به علت پیشرفت‌های شگرف در این زمینه بصورت یکی از وسایل ضروری در آزمایشگاه های پژوهشی در آمده است.

XRFبا سرعت عمل بسیار زیاد قادر است عناصر بسیاری را به صورت کیفی و کمّی مورد آنالیز قرار دهد.

به علت سرعت زیاد و عدم مصرف مواد شیمیایی روش ارزانی نسبت به بقیه روش‌های آنالیزی بوده و محیط زیست را نیز آلوده نمی‌سازد.

روش XRD

- پراش اشعه x یک روش غیر مخرب با چند کاربرد است
- اطلاعات جامعی درباره ترکیبات شیمیایی و ساختار کریستالین مواد طبیعی و صنعتی ارائه می‌دهد.
- هر کریستالی طرح (pattern)اشعه x منحصر به فرد خود را دارد که به عنو ان اثر انگشت (fingerprint) برای تعیین هویت آن (identification) استفاده می شود.
- گسترده‌ترین استفاده XRDدر شناسایی ترکیبات کریستالین بر اساس طرح پراش آن‌ها است.
- از دیگر کاربردهای XRDدر زمین‌شناسی، علم مواد، علم محیط، شیمی، فیزیک، صنعت دارویی و غیره می‌باشد.

روش ضخامت سنجی پوشش

- اندازه گیری اشعه بتا
- کولومتری
- STEP
- جریان جاری
- القای مغناطیسی
- مقاومت میکرو
- اشعه X

روش اشعه بتا Beta-backscatter

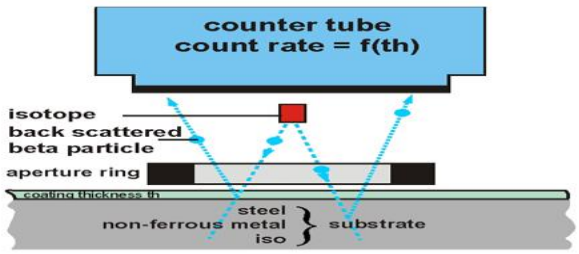
روش اندازه‌گیری Beta-backscatter طبق استانداردهای DIN EN ISO 3543و ASTM B567a به صورت زیر می‌باشد.

اصل کارکرد بر اساس یک منبع ایزوتوپ تابش بتا (الکترون ها) می‌باشد.

این الکترون‌ها به سطح پوشش قطعه کاری نفوذ می‌کنند و بر اتم‌های پوشش و مواد پایه ارتباط اثر می‌گذارند.

اثر اندازه‌گیری شامل تعداد الکترون‌های برگشت پذیر است که توسط یک لوله ضد گاز Geiger-Müller تشخیص داده می‌شود.

ضخامت پوشش را می‌توان با این روش تعیین کرد وقتی که عدد اتمی پوشش و ماده بستر با حداقل ۵ واحد اختلاف داشته باشند .



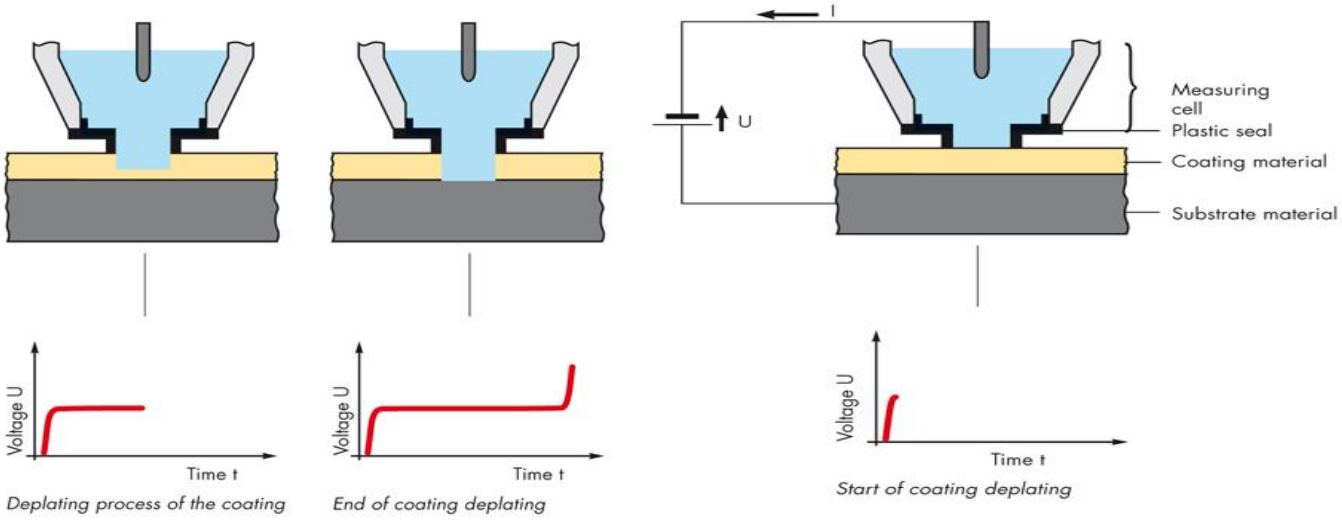
شکل شماتیک روش اندازه گیری اشعه بتا

کولومتری

اندازه‌گیری ضخامت پوشش کولومتریک بر اساس DIN EN ISO 2177. می‌باشد.

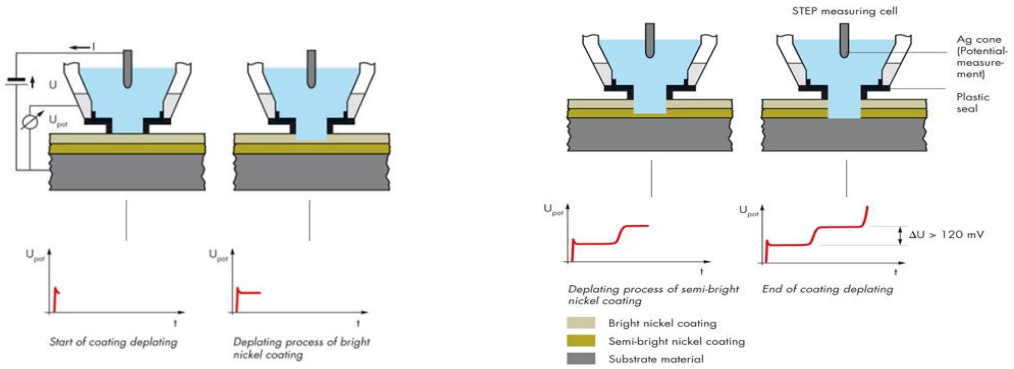
- این روش شامل حل کردن یک پوشش فلزی از بستر فلزی یا غیر فلزی آن با استفاده از یک الکترولیت تحت جریان الکتریکی کنترل شده می‌باشد(معکوس کردن روند آبکاری).
- جریان مورد نیاز برای برداشتن پوشش به طور مستقیم متناسب با جرم فلزی است که باید برداشته شود.

- همچنین ارتباط مستقیمی بین زمان پوشش برداری و ضخامت پوشش بوجود می آید تا جایی که جریان بین وسیله لایه بردار و سطح مورد آزمایش ثابت نگه داشته شوند.



برای به دست آوردن نتایج قابل مقایسه با این روش، الکترود مرجع همیشه باید در یک فاصله ثابت از نمونه نگه داشته شود بنابراین، از یک سلول اندازه گیری خاص استفاده می‌شود.

الکترود نقره مرجع یک حلقه مخروطی شکل دارای واشر است که غلاف آن در پایین سل اندازه‌گیری قرار دارد در نتیجه این طراحی باعث می‌شود که فاصله ثابت بین نمونه و الکترود همواره حفظ شود.



STEP

STEP مخفف عبارت Simultaneous Thickness and Electrochemical Potential determination می‌باشد و این آزمون با توجه به استانداردهای ASTM B764 and DIN EN 16866 انجام می‌شود.

STEP یک روش استاندارد طولانی برای تعیین همزمان ضخامت پوشش‌های چند لایه نیکل بصورت جدا از هم می‌باشد.

اندازه‌گیری ضخامت پوشش بر اساس روش کولومتریک توسط یک الکترود از جنس نقره و با پوشش AgCl انجام می‌شود.

مشخصات مربوطه در یک صفحه نمایش نشان داده می‌شود؛ ضخامت پوشش و اختلاف پتانسیل آن را می‌توان با قرار دادن مکان نما در هر بخش از قطعه مشاهده نمود.

روش جریان جاری Eddy Current

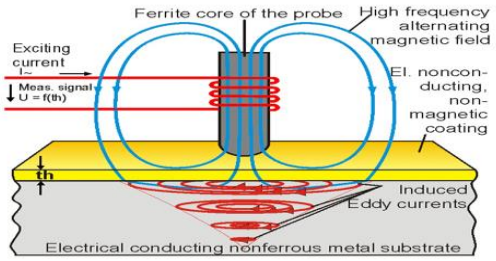
این روش بر اساس استاندارد ISO 2360, ASTM 7091 انجام می شود.

جریان القا شده یک میدان مغناطیسی با فرکانس بالا تولید می‌کند که باعث ایجاد جریان در مواد پایه می‌شود.

استحکام جریان‌های ایجاد شده به فاصله بین پروب اندازه‌گیری و فلز پایه بستگی دارد.

میدان مغناطیسی جریان ایجاد شده با میدان مغناطیسی اصلی مخالف است.

و با استفاده از عملکرد خروجی مشخصه پروب، یعنی ارتباط بین سیگنال اندازه‌گیری و ضخامت پوشش، دستگاه مقدار ضخامت پوشش را به ما نشان می‌دهد.



شکل شماتیک روش تست جریان جاری

عمق نفوذ بستگی به فرکانس مورد استفاده و هدایت الکتریکی مواد پایه دارد.

فرآیند القای مغناطیسی

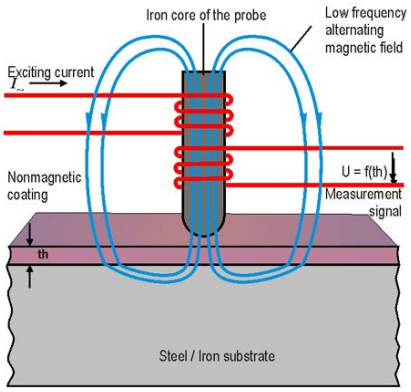
این روش بر اساس استاندارد ISO 2178:2016-3, ASTM 7091 انجام می‌شود.

جریان القایی یک میدان مغناطیسی با فرکانس پایین و با قدرت تولید می‌کند که به فاصله بین پروب و مواد پایه بستگی دارد.

در این روش نیز یک سیم پیچ اندازه‌گیر؛ میزان میدان مغناطیسی را اندازه گیری می‌کند و سیگنال به دست آمده از طریق عملکرد خروجی پروب به مقدار ضخامت پوشش تبدیل می‌شود.

زمینه‌های اصلی کاربرد:

- **مواد پوشش غیر مغناطیسی در مواد پایه مغناطیسی.**
- **پوشش‌های گالوانیزه ،کروم، روی، مس یا آلومینیوم بر روی فولاد یا آهن.**
- **پوشش‌های رنگی، لعاب، لاک یا پلاستیکی روی فولاد یا آهن.**



شکل شماتیک روش آزمون القای مغناطیسی. عمق نفوذ بستگی به نفوذپذیری مواد پایه دارد.

روش آزمون تخلخل

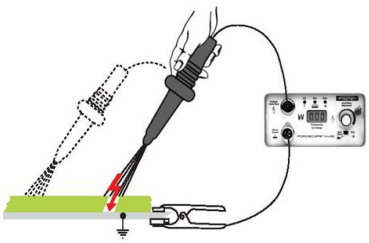
روش آزمون بر اساس این واقعیت است که تمام مواد دارای پوشش عایق؛ دارای قدرت دی الکتریک بسیار بالاتری نسبت به هوا است.

برای آزمایش، ولتاژ آزمون مربوطه برای ضخامت پوشش در POROSCOPE تنظیم می‌شود.

همچنین، می‌توان یک استاندارد تست و ضخامت پوشش را وارد کنید؛ سپس POROSCOPE® ولتاژ آزمون مربوطه را به طور خودکار تنظیم می‌کند.

یکی از اتصالات را با کابل به زمین متصل می‌کند و الکترود را به آرامی روی سطح آزمایش حرکت می‌دهند.

اگر الکترود از یک کرک عبور کند؛ افت ولتاژ کوچک رخ خواهد داد(یک اسپاروور). یک سیگنال نوری و صوتی نشان دهنده منافذ است و تعداد حفره ها با یک مرحله افزایش می‌یابد.



روش آزمون چسبندگی

- آزمون جلاکاری
- آزمون توپ پرداخت کاری
- آزمون شات پین
- آزمون پوسته (پیل)
- آزمون سوهان زدن
- آزمون سنگ زدن
- آزمون با اسکنه تراشیدن
- آزمون خمش
- آزمون پیچ خوردگی
- آزمون شک حرارتی
- آزمون کشش
- آزمون کاتد

آزمون جلاکاری

- اگر پوشش قطعات در یک ناحیه به صورت موضعی مورد جلا دهی واقع شود. پوشش به سخت کاری و جذب اصطکاک تمایل خواهد داشت.
- اگر پوشش نازک باشد پوشش از فلز اصلی به صورت یک تاول تحت این شرایط با چسبندگی ضعیف جدا می‌شود.
- هنگامی که شکل و اندازه قطعه اجازه می‌دهد، یک ناحیه به مساحت کمتر از ۶ سانتی متر مربع ازسطح آبکاری شده باید به مدت ۱۵ثانیه با یک جسم نرم مالش داده شود. جسم مناسب میله فولادی با ۶ میلی متر قطر با انتهای نیم کره ای نرم است.
- فشار باید برای جلا دادن پوشش در هر ضربه کافی باشد اما برای برش پوشش آنقدر بزرگ نیست.
- چسبندگی ضعیف به صورت تاول رشد می کند و با مالش ادامه پیدا می‌کند دارد.

آزمون توپ پرداخت کاری

- توپ پرداخت کاری اغلب برای پولیش کاری استفاده می‌شود.
- اما از آن همچنین می‌تواند برای تست چسبندگی استفاده شود.
- از یک بارل یا پرداخت ویبره ای(لرزشی) با توپ های فولادی به اندازه ی قطر حدود ۳ میلی متر و محلول صابون به عنوان روان کننده استفاده می‌شود.
- زمانی که پوشش ضعیف است ممکن است تولید تاول کند این روش مناسب پوشش های نسبتا نازک است.

آزمون شات پین

- بوسیله حرکت چکشی توپ‌های آهنی یا فولادی بر روی سطح مورد نظر در اثر جاذبه ویا هوای فشرده ضربه می‌زنند اگر پوشش اتصال ضعیف داشته باشد شروع به تاول زدن می‌کند.
- معمولا شدت ضربه پین باعث از بین رفتن چسبندگی پوشش می‌شود.

آزمون پوسته (پیل)

- این تست برای پوشش‌های با ضخامت کمتر از ۱۲۵ میکرون روی سطوح مسطح مناسب است.
- یک نوار از جنس فولاد ضعیف حلبی یا برنجی با ظاهر ۷۵ میلی متر طول در ۱۰ میلی متر عرض در ۰,۵ میلی متر ضخامت از یک انتهای آن به سمت راست به اندازه ۱۰ میلیمتر خم شود .
- قسمت کوتاه‌تر به سطح پوشش داده شده لحیم شود.
- بار اعمال شده به قسمت آزاد و نرمال به سطح لحیم کاری شده پوشش اگر از اتصال لحیم ضعیفتر باشد پوشش از سطح جدا می‌شود.

تست دیگر (تست نوار چسب) که در آن از یک نوار چسب سلولزی استفاده می‌شود مقدار چسبندگی با مقدار تقریبا ۸ نیتون در سطح ۲۵ میلی متری که به پوشش چسبانده می‌شود و با یک غلطک تمام حباب‌های زیر چسب گرفته می‌شود. بعد از سپری شدن ده ثانیه با نیروی زیاد چسب جدا می‌شود و جدا شدن پوشش نشان دهنده چسبندگی ضعیف است.

آزمون سوهان زدن

- در این روش یک قسمت از قطعه پوشش داده شده در یک گیره نگه داشته می‌شود.
- سپس توسط یک سوهان زبر آن را می‌سابند . سوهان مستقیما از فلز پایه به پوشش تحت زاویه تقریا ۴۵ درجه استفاده می‌شود.
- در این روش نیز جداشدن پوشش نباید اتفاق افتد.
- این تست برای پوشش‌های خیلی نازک و پوشش‌های نرم مثل زینک و کادمیوم مناسب نیست.

آزمون سنگ زدن

- این روش با ساییدن لبه پوشش نمونه توسط سنگ فرز انجام می‌پذیرد .
- اگر چسبندگی ضعیف باشد پوشش از سطح جدا می‌شود.
- اره آهن بری میتواند جایگزینی برای سنگ فرز شود.
- تست سنگ فرز و اره آهن بری مخصوص پوشش‌های سخت مثل نیکل و کروم است.

آزمون با اسکنه تراشیدن

- این تست مخصوص پوشش های با ضخامت قابل توجه است(بزرگتر از ۱۲۵ میکرون).
- شامل تراشیدن پوشش و ضربه چکشی به پوشش می‌شود.
- اگر چسبندگی خوب باشد پوشش بدون اینکه اتصال آن از فلز پایه جدا شود کنده می‌شود.
- نوع دیگر تست تراشیدن ترکیب آن با تست اره است.
- این تست بوسیله اره کردن نمونه عمودی پوشش انجام می‌پذیرد.
- اگر چسبندگی زیاد خوب نباشد پوشش به طور واضحی شروع به شکستن می‌کند.

- این تست برای پوشش‌های نرم زینک و کادمیوم مناسب نیست.

آزمون پیچ خوردگی

- آزمون خمش شامل خمکاری و انعطاف پذیری پوشش تولید شده می‌شود.
- کشسانی و ماهیت پوشش با فلز پایه، شکل دهی، ذات پوشش و ارتباط آن با ضخامت دو لایه تعریف می‌شود.
- این تست معمولا با دست یا انبر دست انجام می‌شود.
- خم کاری ابتدا با تغییر شکل است به یک سمت و سپس خم شدن به سمت دیگر تا جایی که شکستن اتفاق بیافتد.
- میزان و مقدار شعاع خم شدن می توان با دستگاه‌هایی کنترل کرد.
- پوشش‌های شکننده در این فشار می‌شکند اما اطلاعات مناسبی برای میزان چسبندگی به ما می‌دهد.
- بازرسی شکستگی ها تعیین می‌کند که آیا رسوب پوسته می‌شود یا میتوان با یک چاقو یا سوهان آن را پاک نمود.

آزمون شوک حرارتی

چسبندگی بیشتر پوشش ها را می‌توان با حرارت دادن پوشش و خنک کردن ناگهانی تعیین کرد.

قاعده کلی در این تست در اختلاف ضریب انبساط حرارتی بین فلز پایه و پوشش است.

از این رو زمانی شک حرارتی اعمال می‌شود که ضریب انبساط حرارتی پوشش با فلز پایه اختلاف چشمگیری داشته باشد.

این آزمایش بوسیله حرارت دادن نمونه در آون برای مدت زمان مناسب برای رسیدن به دمای مناسب مشخص شده در جدول انجام می‌شود برای فلزاتی که حساس به اکسید شدن هستند در فشار پایین یا در یک مایع مناسب این آزمون انجام می‌شود.

Substrate	Coating Material						
	Chromium, Nickel, Nickel + Chromium, Copper, Temperature, °C	Tin, Temperature, °C	Lead, Tin/Lead, Temperature, °C	Zinc, Temperature, °C	Gold and Silver, Temperature, °C	Palladium, Temperature, °C	Rhodium, Temperature, °C
Steel	250	150	150	150	250	350	185
Zinc alloys	150	150	150	150	150	150	150
Copper and copper alloys	250	150	150	150	250	350	185
Aluminum and aluminum alloys	220	150	150	150	220	220	185

آزمون کشش

- تست کشش معمولا برای قطعات مسطح انجام می‌شود. که بیشتر به اسم erichsen cupping test یا romanoff flanged cap test رایج است.

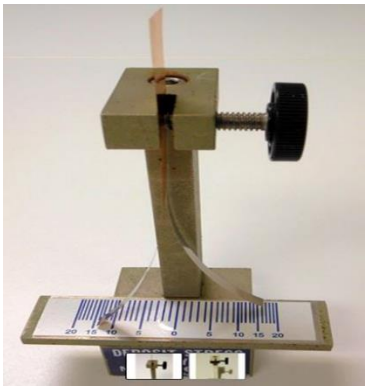
- در این روش یک پیستون توپی شکل با قطر ۲۰ میلیمتر به سطح نمونه با سرعت ۰,۲ تا ۶ میلی متر بر ثانیه با تنظیم هیدرولیک مناسب فشار داده می‌شود و پوشش و فلز پایه در جایی که نیروی پیستون وارد می‌شود به صورت فنجان و فرو رفته تغییر شکل میابد.
- در نتیجه اگر چسبندگی ضعیف باشد بعد از تست پوشش چند میلی مترشسکته یا پوسته می‌شود.

آزمون چسبندگی مناسب برای هر پوشش

Adhesion test \ Coating metal	Cadmium	Chromium	Copper	Nickel	Nickel + chromium	Silver	Tin	Tin-nickel alloy	Zinc	Gold
Burnishing	•		•	•	•	•	•	•	•	•
Ball burnishing	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Peeling (soldering method)			•	•		•		•		
Peeling (adhesive method)	•		•	•		•	•	•	•	•
File			•	•	•			•		
Chisel		•		•	•	•		•		
Scribe	•		•	•	•	•	•		•	•
Bending and twisting		•	•	•	•			•		
Grinding and sawing		•		•	•			•		
Tension	•		•	•	•	•		•	•	
Thermal shock		•	•	•	•		•	•		
Extrusion (Erichsen)		•	•	•	•			•		
Extrusion (Flanged cap)		•	•	•	•	•		•		
Shot-peening				•		•				
Cathodic treatment		•		•	•					

آزمون تنش

- استرس داخلی به عنوان یک نیروی ذاتی در پوشش های فلزی پوشش داده شده با آبکاری و شیمیایی وجود دارد.
- روش تست جدید ASTM، راهی ساده تر و کارآمدتر در تعیین تنش‌های کششی و فشاری وارد بر پوشش های فلزی در طیف وسیعی از محصولات مصرفی نظیر خودکار، دستگیره در، لامپ، خودرو، جواهر و ... می‌باشد.
- از این استاندارد می‌توان در صنایع خودروسازی، هوافضا و نظامی و بویژه شرکت های تولید کننده و عرضه کننده لایه‌ها یا پوشش های فلزی استفاده نمود.
- این استاندارد با شماره B975 و با عنوان روش تست برای اندازه‌گیری تنش های داخلی پوشش‌های فلزی بوسیله ارزیابی تسمه چاک دار(روش تحلیل تنش وارد بر پوشش یا لایه رسوبی بر سطح فلز) منتشر شده است.
- پوشش‌هایی که به این روش می‌توان تست نمود، عبارتند از:
- -کروم سخت
- -قلع، روی و کادمیوم نظامی
- -نیکل و کروم تزیینی
- -مس و نیکل قطعات الکترونیکی
- -رسوبات مس و نیکل الکتروفورمینگ
- -پوشش های الکترولس



آزمون سختی سنجی

به طور کلی بسته به نحوه اجرای آزمایش سختی، می‌توان آزمون‌های موجود را به سه دسته کلی تقسیم بندی نمود.

۱-آزمون سختی الاستیک (سختی برگشت یا انعکاس) :Elastic Hardness Test

۲-آزمون سختی خراش: Scratch Hardness Test (مقاومت در برابر برش یا سایش)

۳-آزمون سختی فرورفتگی: Penetration Hardness Test (مقاومت در برابر فرورفتگی)

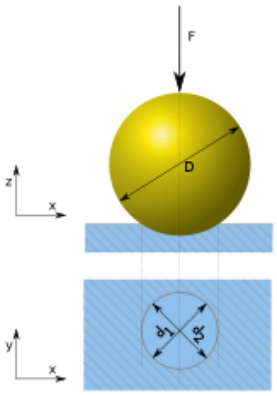
آزمون سختی فرورفتگی

این آزمون و روش‌های مختلف آن از مهم‌ترین ابزارهای مهندسی به شمار می‌آیند. در این آزمون که به آزمون سختی نفوذ نیز موسوم می‌باشد، میزان سختی را بوسیله مقاومت جسم در مقابل فرورونده می‌سنجند. چهار روش متداول برای انجام آزمایش سختی فرورفتگی یا سختی نفوذی وجود دارد که عبارتند از:

- آزمون سختی برینل
- آزمون سختی راکول
- آزمون سختی ویکرز
- آزمون ریز سختی

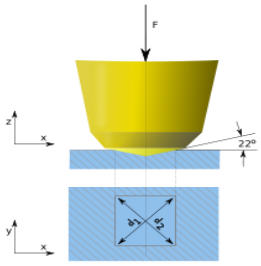
روش برینل

- یکی از قدیمی‌ترین آزمایشات سختی سنجی، آزمایش برینل می‌باشد. این آزمایش، یک آزمون سختی سنجی ایستایی می‌باشد که عبارتست از فشردن یک ساچمه فولادی سخت بر روی سطح یک قطعه نمونه.
- در این آزمون معمولاً از یک ساچمه به قطر ۱۰ میلی متر از جنس فولاد سخت و یا کربور تنگستن، برای اعمال یک بار بر روی سطح ماده استفاده می‌شود.
- برای فلزات سخت، مقدار بار ۳۰۰۰ کیلوگرم، برای فلزات نیمه سخت ۱۵۰۰ کیلوگرم و برای نرم ۵۰۰ کیلوگرم و یا کمتر می‌باشد.



ویکرز

به منظور اجرای آزمایش، قطعه نمونه را روی سندان قرار داده و به وسیله یک پیچ، سندان به سمت بالا حرکت می‌نماید تا قطعه دقیقا نزدیک نوک دندانه قرار گیرد. سپس با آزاد کردن اهرم شروع کننده آزمایش، یک بازوی سنگین که نسبت آن ۲۰ به یک می‌باشد، رها شده و وزن بازو به آرامی بر روی وارد می‌آید و سپس بازو به محل اولیه بر می‌گردد. آماده کرده مجدد دستگاه برای آزمایش، به وسیله فشار دادن یک پدال پایی انجام می‌شود. پس از آن‌که سندان به پایین آورده شده یک میکروسکوپ بر روی قطعه قرار گرفته و قطر مربع فرور فتگی با دقت ۰,۰۰۱ میلی متر اندازه گرفته می‌شود. در صورت لزوم از ساچمه ای به قطر ۱ یا ۲ میلی متر به عنوان دندانه نیز می‌توان استفاده نمود. از دستگاه و یکرز اصولا در پژوهش‌ها استفاده می‌شود، یکی از مزایای دستگاه و یکرز که بعضی از کاربران این دستگاه به آن اعتراف کرده اند، دقت اندازه گیری ابعاد فرو رفتگی حاصله است.



روش راکول

- راکول هم بصورت ساچمه ای و هم بصورت سوزنی موجود است.
- اساس کار اغلب این دست راکول ساچمه ای به کمک ۱ ساچمه کار می‌کند.
- بطوریکه وزن اعمال شده به روی فلز بواسطه‌ی این ساچمه فلز منتقل می‌شود که دارای اندازه‌های مختلفی است گاها به نقطه اثر ایجاد شده به روی سطح فلز است.
- راکول سوزنی به کمک یک سوزن این نیرو را روی فلز ایجاد می‌کند که نقطه اثر آن بصورت یک مخروط ۱۲۰ درجه خواهد بود.
- آزمایش سختی راکول شبیه آزمایش برینل است که در آن عدد سختی، نسبتی از بزرگی حفره‌ای است که توسط یک دندانه(عمق نفوذ) و با وارد آوردن یک بار ثابت معین بر روی قطعه نمونه بوجود می‌آید.

آزمون ریزسختی

- آزمایش میکروسختی سنجی یا به عبارت صحیح ترMicro indentation Hardness ، یکی از روش‌های سختی سنجی است که به طور گسترده ای، مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- از مثال‌های رایج میکرو سختی میتوان به سختی سنجی ناحیه ای بسیار کوچک، بدست آوردن سختی یک پوشش گالوانیزه، تعیین سختی رزوه های یک پیچ کوچک، سختی سنجی یک فاز میکروسکوپی یا تعیین سختی یک چرخدنده نازک ساعت اشاره کرد.

آزمون مقاومت به خوردگی

طبقه بندی پوشش از لحاظ خوردگی

غالبا آزمون های متداول خوردگی نیاز به زمان و هزینه زیادی دارند.

این آزمون ها به سه دسته تقسیم بندی می‌شوند:

۱. آزمایشگاهی
۲. در میحط واقعی کار
۳. در حین عملکرد

- طبیعتا نتایج حاصل از آزمون‌های در محیط واقعی کار و در حین عملکرد معتبرترند.
- این آزمون ها بسیار زمان بر هستند.
- آزمون‌های تسریع شده خوردگی مانند هر آزمون تسریع شده دیگر با شدید کردن شرایط خوردگی در آزمایشگاه سعی بر دستیابی به خوردگی در شرایط واقعی را دارد.

روش های تسریع آزمون خوردگی

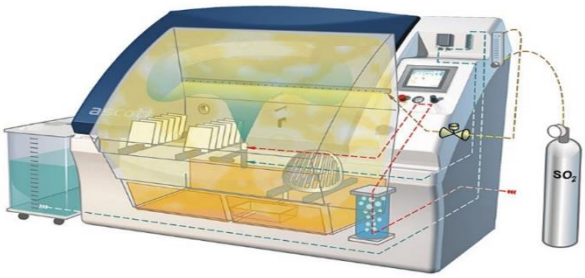
روش‌های تسریع آزمون خوردگی بستگی به جنس مواد، نوع محیط و مکانیزم خوردگی دارد.

برخی از این روش ها عبارتند از:

۱.هوادهی در آزمون غوطه وری
۲.افزایش درجه حرارت(متداول ترین و مهم‌ترین عامل تسریع در اکثر مکانیزم‌های خوردگی)
۳.فشار جهت آزمون های ترک خوردن در اثر خوردگی تنشی(SCC)
۴. اسیدی کردن در آزمون‌های غوطه وری
۵. اضافه کردن NO_2 و SO_2 در آزمون‌های اتمسفری
۶.بالا بردن رطوبت نسبی در آزمون‌های اتمسفری

آزمون های سالت اسپری

- این آزمون روشی استاندارد شده برای بررسی مقاومت به خوردگی نمونه‌های پوشش داده شده می‌باشد.
- آزمون سالت اسپری آزمونی تسریع شده است که باعث ایجاد شرایط خورنده بر روی قطعات شده و در نتیجه می‌توان مناسب بودن مقاومت به خوردگی پوشش را بررسی نمود.
- در آزمون سالت اسپری قطعات درون محفظه ای با دمای مشخص حاوی مه نمکی قرار می‌دهند و ظاهر محصولات خوردگی بوجود آمده را پس از زمان مشخص ارزیابی می‌کنند.
- از آزمون‌های سالت اسپری خصوصا جهت تشخیص عیوبی نظیر حفره‌ها، ترک‌ها و یا نواقص دیگر در پوشش‌های فلزی، آلی، اکسیدی و تبدیلی استفاده می‌شود.



انواع آزمون سالت اسپری

- ۱.آزمون سالت اسپری خنثی(NSS)
- ۲.آزمون سالت اسپری حاوی اسید استیک(AASS)
- ۳. آزمون سالت اسپری حاوی اسید استیک تسریع شده توسط ترکیبات مس(CASS)

شرایط آزمون NSS

آزمون سالت اسپری خنثی

- محلول کلرید سدیم با غلظت ۵۰ g/lit در آب مقطر ساخته شود.
- PHمحلول آب نمک جمع آوری شده از مه نمکی باشد ۶,۵-۷,۲ باشد.
- در صورت لزوم برای تنظیم PH می توان از اسیدکلریدریک آزمایشگاهی یا هیدروکسید سدیم آزمایشگاهی استفاده نمود.
- جهت کاهش دی اکسید کربن محلول آب نمک می توان آن را تا دمای ۳۵ درجه سانتی گراد حرارت داد و یا این که محلول آب نمک را از آب جوشیده تهیه کرد.

موارد کاربرد:

- فلزات و آلیاژهای اُن پوشش‌های فلزی(آندی-کاتدی)
- پوشش‌های تبدیلی
- پوشش‌های اکسید آندی
- پوشش‌های آلی بر روی قطعات فلزی

شرایط آزمونASS

آزمون سالت اسپری حاوی اسید استیک

- محلول کلرید سدیم با غلظت ۵۰ g/lit در آب مقطر ساخته شود.
- آنقدر اسید استیک به محلول آب نمک اضافه کنید تا PH محلول جمع آوری شده از محفظه پس از اسپری ۳,۳-۱,۳ باشد.

موارد کاربرد

- پوشش‌های مس+نیکل+کرم
- پوشش‌های نیکل+کرم

شرایط آزمونCASS

آزمون سالت اسپری حاوی اسید استیک تسریع شده توسط ترکیبات مس

- محلول کلرید سدیم با غلظت g/lit۵۰ در آب مقطر ساخته شود.
- در محلول آب نمک مقدار g/lit۰,۲۶ کلرید مس دو آبه حل نمایید.
- PH آزمون را در محدوده ۳/۳-۳/۱ تنظیم نمایید.

موارد کاربرد

- پوشش‌های اکسید آندی بر روی آلومینیوم
- پوشش‌های مس+نیکل+کرم
- پوشش‌های نیکل+کرم