

تست بوسيله مایع یا رنگ نافذ

Liquid or Dye Penetrant Testing

(P.T)

تهیه و تنظیم:
افشین آقامیری

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱.....	پیشگفتار
	فصل اول
۲.....	مقدمه‌ای بر تست بوسیله مایعات یا رنگ نافذ
	فصل دوم
۶.....	آماده‌سازی سطح تست
	فصل سوم
۸.....	اعمال مایع نافذ
	فصل چهارم
۱۵.....	پاک کردن نافذ اضافی
	فصل پنجم
۲۰.....	اعمال ماده ظاهر کننده
	فصل ششم
۲۶.....	بازرسی و پاک کردن نهایی
	فصل هفتم
۳۱.....	محدودیتها و کنترل فرآیند
	فصل هشتم
۴۰.....	تجهیزات تست
۴۶.....	تصاویر
۴۷.....	منابع

پیشگفتار

آزمایشات غیرمخرب (*Non Destructive Testing*) شامل تستهایی می شود که بدون هیچگونه تخریبی در ساختمان مواد می توانند از کیفیت و سلامت قطعه خبر دهند. این آزمایشات را می توان عمدتاً بدو گروه آزمایشات جهت آشکار سازی عیوب داخلی و سطحی تقسیم بندی نمود.

آزمایش بوسیله مایع یا رنگ نافذ (*Dye Penetrant testing*) که به اختصار به *P.T* اطلاق می شود، یکی از تستهای گروه آشکار کننده عیوب سطحی است و فقط بسنظور آشکار سازی عیوب رسیده به سطح مورد استفاده قرار می گیرد.

این جزوه ترجمه کتاب مرجع *Liqui d Peneterant Testing* از انتشارات *General Dynamic* می باشد و حتی الامکان سعی شده که به نکات عملی و استانداردی نیز اشاره ای شود. امید است مفید واقع شود.

با آرزوی موفقیت

افشین آقامیری

کارشناس *N.D.T* شرکت ماشین سازی اراک

فصل اول

مقدمه‌ای بر تست بوسیله مایعات یا رنگ نافذ

Liquid or Dye Penetrant Testing (P.T)

تست مایع نافذ، یکی از روشهای آزمایش‌های غیرمخرب است که موجب آشکارسازی عیوب سطحی می‌شود و لذا تست مایع نافذ روشی است که در جهت پیدا کردن ناپیوستگی‌های سطحی بکار برده می‌شود. عموماً همه مواد (بجز مواد با سطح متخلخل) را می‌توان بوسیله این روش و بطور معمول تست نمود.

بطور خلاصه، روش انجام این تست بصورت ذیل است:


ابتدا مایع نافذ بر روی سطح قطعه اعمال می‌شود. سپس بعد از گذشت مدت زمان معینی، مایع نافذ اعمال شده از سطح پاک می‌شود و ماده ظاهرکننده بر روی سطح اعمال می‌شود. بعد از مدت زمان معین، مایع نافذ نفوذ کرده در ناپیوستگی‌های سطحی بیرون کشیده شده و علائمی کاملاً مشخص را در روی سطح آشکار می‌کند.

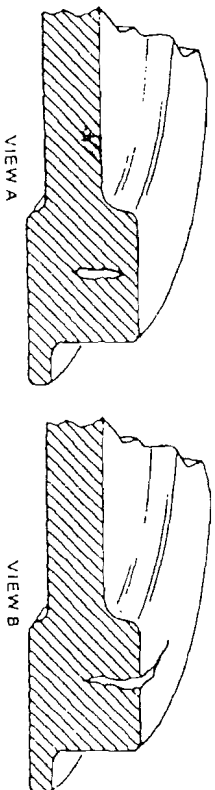
با استفاده از این روش می‌توان غیوبی از قبیل ترکها، حفرات گازی و درزهای به سطح رسیده را آشکار نمود.

نکته مهم: این تست فقط قابلیت آشکارسازی غیوبی را دارد که به سطح رسیده‌اند.

باید توجه داشت که اگر مایع نافذ در ناپیوستگی نفوذ نکرده باشد، هیچگونه علائمی دال بر وجود عیب آشکار نمی‌شود.

سؤال: با توجه به شکلهای ذیل، کدام عیب را می‌توان با استفاده از روش مایع نافذ آشکار نمود.

جواب: فقط عیوب مربوط به شکل  را می‌توان آشکار کرد چون عیب به سطح قطعه رسیده است و



مایع نافذ می تواند در آن نفوذ کند.

حال در زمینه تست مایع نافذ سؤال‌الای می مطرح می شود از قبیل:

- ۱- دامنه کاربرد تست مایع نافذ چیست؟
- ۲- چگونه می توان این تست را انجام داد؟
- ۳- چه مواردی در جهت انجام این تست مورد نیاز است؟
- ۴- این تست چه محدودیت‌های دارد؟

در جواب سؤال اول باید گفت که این تست فقط قابلیت آشکارسازی عیوب سطحی را دارد و عیوب زیرسطحی و عمقی را باید با روش‌های دیگر از قبیل تست ذرات مغناطیسی، التراسونیک یا رادیوگرافی بررسی کرد. نکته دیگر این است که عمده‌تأچه عیوبی را میتوان با این روش آشکار کرد. معمولاً عیوبی که در چنین عملیات شکل دهی نورد، آهنگری یا ریخته گری بوجود می آیند و به سطح قطعه راه پیدا می کنند مانند درزهای سطحی حاصل از آهنگری، ترکهای حاصل از ماشین کاری و سنگ زنی، ترکهای حاصل از جوشکاری، برخی حفرات گازی و ... برخی دیگر از عیوب، عموداً به سطح قطعه راه پیدا نمی کنند که از این نوع عیوب می توان از آخال‌های غیرفلزی، درزهای داخلی، حفرات گازی، نام برد و همچنین با استفاده از تست مایع نافذ اگر در مرحله بعد از ماشینکاری انجام گیرد، می توان برخی عیوب زیرسطحی که در مراحل قبل روئیت نشده بودند را در مراحل بعد آشکار نمود.

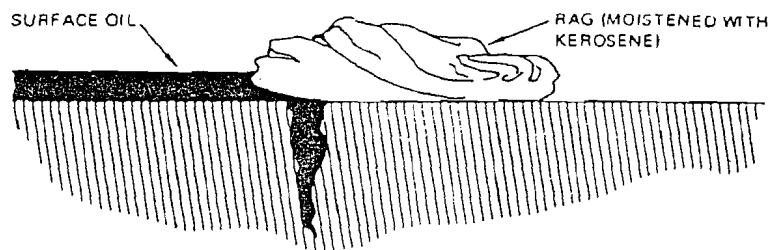
همچنین باید توجه داشت که برخی عیوب زیرسطحی، در حین سرویس دهی قطعه به سطح می رسند

لذا یکی دیگر از موارد استفاده از تست مایع نافذ، بازرسی در حین کار قطعات است. بطور مثال می توان از

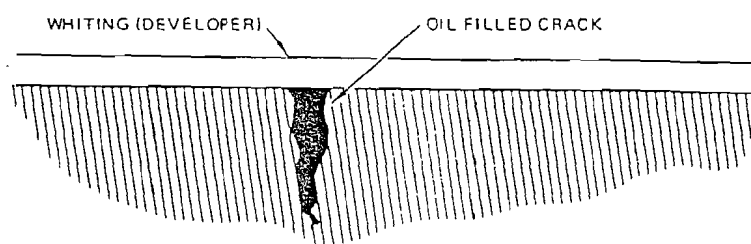
درزها و ناپیوستگی‌ها می‌شود. (رنگ این ماده عموماً سفید است) و لذا علائم حاصل از عیوب (برنگ قرمز) در یک زمینه سفید (ماده ظاهر کننده) آشکار می‌شود و با وضوح خوبی قابل رویت است. (شکل پیر ج).

۵- بازرسی: باید توجه داشت که عملیات بازرسی را بعد از گذشت زمان معین (معمولاً ۱۵ تا ۳۰ دقیقه) انجام داد تا از خروج مایع نافذ از درزها توسط ظاهر کننده اطمینان حاصل شود. نکته: قبل از اعمال ظاهر کننده بصورت اسپری، حتماً باید قوطی حامل ذرات معلق ظاهر کننده را کاملاً تکان داد تا ذرات معلق بصورت کاملاً یکنواخت در مایع حامل توزیع شوند.

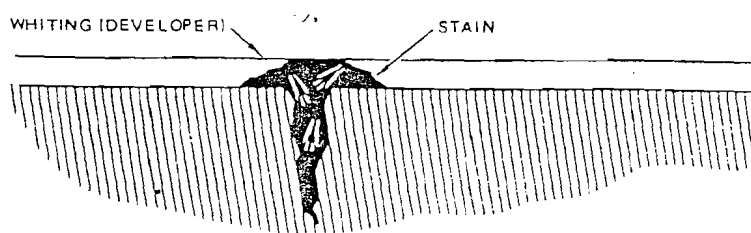
شکل الف)



شکل ب)



شکل ج)



فصل دوم

(Surface Preparation)

آماده‌سازی سطح تست:

آماده‌سازی سطح تست، اولین مرحله تست مایع نافذ به حساب می‌آید. در آماده‌سازی سطحی باید دقت نمود که هرگونه عواملی که منجر به ممانعت از نفوذ مایع نافذ بدرون ناپیوستگی‌ها شود از بین رود و پاک گردد. عواملی از قبلی چربی‌ها شامل روغن، گریس، مواد زائد، فلاکس جوشکاری (مربوط به جوش خوراکار)، جرقه جوش، پرسته‌های اکسیدی را باید از سطح زدود. لایه‌های رنگ و پرشش‌ها نیز از این امر مستثنی نیستند و باید از سطح زدوده شوند.

عملیات پاک‌سازی سطحی را می‌توان بوسیله پارچه، اسید، حلال‌ها، سنگ جت، فرچه‌سیمی، برس سیمی، سندبلاست یا روش التراسونیک (با توجه به شرایط) انجام داد و باید حتماً بعد از پاک‌سازی، سطح را کاملاً خشک نمود.

در انتخاب پاک‌کننده‌های شیمیایی مانند حلال‌ها، باید دقت نمود که این مواد از نوعی باشند که سریع خشک شده و اثر خوردندگی و قابلیت اشتعال نداشته باشند و همچنین سمی نباشند.

در هنگام استفاده از این مواد باید دقت نمود که از تماس مستقیم با پوست یا استنشاق آنها خودداری کرده و از ماسک دهنی و تهویه مناسب استفاده شود.

در انتخاب روشهای تمیزکاری فوق‌الذکر باید نوع آلردگی و عوامل مزاحم برای تست و همچنین شرایط قطعه را دقیقاً بررسی نمود.

باید توجه داشت که روش‌های تمیزکاری مکانیکی، بوسیله سنباده، برس سیمی و مواد ساینده دیگر عموماً برای تست مایع نافذ توصیه نمی‌شوند چون احتمال مسدود نمودن عیوب و ناپیوستگی‌های سطحی توسط براده حاصل از سطح قطعه وجود دارد و در نتیجه علائم حاصل از ناپیوستگی آشکار

نمی‌شوند.

در صورتیکه از روشهای مکانیکی برای تمیزکاری استفاده شود، می‌توان بوسیله اچ کردن سطح قطعه، عیوب را مجدداً به سطح قطعه رساند چون با اچ کردن بوسیله مواد شیمیایی لایه بسیار نازکی از سطح قطعه برداشته می‌شود.

تذکر: انجام این مراحل، بدقت زیادی نیاز دارد که باید توسط بازرس مربوطه اعمال گردد.

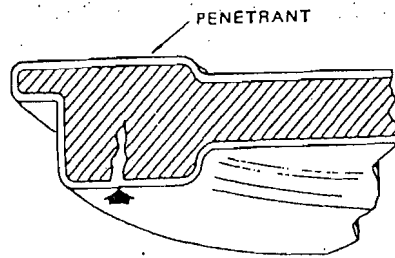
فصل سوم

(Penetrant application)

کاربرد مایع نافذ

کاربرد مایع (رنگ) نافذ، دومین مرحله از مراحل تست مایع نافذ است. اولین سؤالی که در این مرحله مطرح می شود این است که چه موادی بعنوان نافذ برای این تست مناسبند؟ در جواب این سؤال باید گفت که هر مایعی که دارای خاصیت نفوذ و موئینگی (*Capillary action*) مطلوب باشد جهت این تست مناسب است.

نکته: قابلیت نفوذ و موئینگی ماده نافذ، در جهت عکس جاذبه زمین نیز عمل می کند. (شکل الف)



شکل الف

از قدیمی ترین موادی که جهت تست مایع نافذ استفاده نمی شود، می توان از نفت (مواد نفتی) و پودر گچ نام برد.

از خصوصیات عمده یک ماده نافذ مورد استفاده در تست *P.T* می توان از: ویسکوزیته، خاصیت تر کنندگی و کشش سطحی نام برد. ماده نافذ باید دارای سیالیت مطلوب باشد تا بتواند در سطح قطعه تست جاری و در عیوب ریزهم نفوذ کند. همچنین باید نافذ دارای نقطه اشتعال بالا بوده و در دماهای پایین قابل اشتعال نباشد و سریع خشک و یا تبخیر نشود. بطور خلاصه، امروزه خواص مفید یک ماده که بعنوان نافذ در تست *P.T* مورد استفاده می گیرد شامل موارد ذیل می باشد:

۱- قابلیت نگهداری مواد رنگی بطور معلق

۲- قابلیت پهن کردن رنگ بطور یکنواخت بر روی سطح

۳- قابلیت حمل رنگ بداخل ناپیوستگی‌های باز شده در سطح

۴- قابلیت بیرون راندن رنگ از درون ناپیوستگی بر روی سطح

۵- قابلیت پاک‌کنندگی مطلوب.

در حال حاضر با استناد نافتهای جدید و رنگ‌های اضافه شده به آن روشهای تست P.T انجام

می‌گیرد. این رنگهای مصرفی در انواع ذیل می‌باشند:

۱- رنگ فلوروسنت (fluorescent): رنگ با خاصیت فلوروسنت که فقط تحت نور سیاه (ماوراء بنفش)

قابل روئیت است.

۲- رنگ قابل روئیت در نور معمولی یا تحت زمینه‌ای رنگی

(Visible or Color Contrast)

رنگ با این خاصیت، در نور معمولی قابل دید و بصورت رنگی و درخشنده می‌باشد. وقتی دو نوع رنگ

فوق یعنی رنگ با خاصیت فلوروسنت یا قابل دید در نور معمولی با یک نافذ ترکیب شوند، رنگ نافذ شکل

می‌گیرد.

سؤال: کدام خاصیت موجب نفوذ رنگ نافذ در ناپیوستگی سطحی می‌شود؟

الف) نیروی جاذبه

ب) نیروی موئینگی

جواب: جواب (ب) یعنی خاصیت موئینگی صحیح است.

نافتهای فلوروسنت، شامل رنگهایی می‌باشند که فقط تحت نور سیاه (ماوراء بنفش) با طول موج بین نور

معمولی و نور ماوراء بنفش (۳۲۰۰ تا ۴۰۰۰ آنگستروم) قابل دید می‌باشند. رنگ فلوروسنت معمولاً برنگ

زرد و سبز درخشان نمایان می‌شود و برای استفاده‌های خاص ممکن است برنگ قرمز یا آبی هم بکار برده

شوند.

نافذهای قابل دید در نور معمولی هم، همانطور که از اسمشان پیداست شامل رنگهایی هستند که در نور سفید (معمولی) قابل روئیت می‌شوند. نام دیگر این نافذها، نافذ با وضوح رنگی (*Color Contrast*) یا غیر فلروسنت می‌باشد. رنگ این نوع نافذ، معمولاً قرمز روشن می‌باشد ولی ممکن است ببری کاربردهای ویژه از رنگهای دیگر استفاده شود. یکی از مزایای رنگ فوق، این است که نیاز به اتاق تاریک یا عایق کردن محیط از لحاظ نور ندارند و همچنین به لامپ با نور سیاه نیازی نیست. (*black light*)

یک محدودیت در استفاده از نافذهای قابل دید در نور معمولی این است که ممکن است چشم در تشخیص علائم عیب نسبت به رنگ زمینه سطح دچار خطا شود.

نکته: بهترین حساسیت، با استفاده از روش نافذ فلروسنت حاصل می‌شود لذا برای تست قطعات حساس به عیوب خیلی ریز، از این روش استفاده می‌شود.

۳- نافذ ترکیبی (*Dual sensitivity*): این نوع رنگ نافذ، شامل تلفیقی از رنگهای قابل دید در نور معمولی و فلروسنت می‌باشد. رنگ قابل دید در نور معمولی برنگ قرمز روشن و رنگ فلروسنت، زرد مایل به قرمز پرتغالی می‌باشد. در تست با این نوع رنگ نافذ، می‌توان، عملیات تست را تحت نور معمولی انجام داد و در صورت مشاهده علائم مشکوک از لامپ با نور سیاه (*UV*) استفاده نمود.

سؤال: در صورتیکه قطعه‌ای حساس به هر دو عیوب درشت و ریز باشد، از کدام رنگ نافذ جهت تست

P.T استفاده می‌کنید؟

الف) فلروسنت

ب) قابل روئیت در نور معمولی

ج) نافذ ترکیبی

جواب: استفاده از روش با نافذ ترکیبی صحیح تر است. پس ابتدا قطعه را در جهت آشکارسازی عیوب بزرگ تحت نور معمولی تست می‌کنیم و سپس بمنظور آشکار شدن عیوب ریز، تحت نور ماوراء بنفش (لامپ UV) مورد بازرسی قرار می‌دهیم.

روشهای اعمال مایع نافذ: به یکی از طرق ذیل صورت می‌پذیرد:

- غوطه‌وری یا فرو بردن

- اسپری یا پاشش با فشار هوا

- استفاده از فرچه (برس) رنگ

- جاری کردن نافذ در سطح قطعه

در روش غوطه‌وری یا فرو بردن، قطعه را بدرون یک مخزن پر شده از مایع نافذ قرار داده و سپس بعد از گذشت زمان معین، آنرا بیرون می‌آورند و مدتی صبر می‌کنند تا مایع اضافی از روی آن شُره کند (همانند آبکشی لباس).

در روشهای پاشش با هوا یا اسپری، از تجهیزات پاشش تحت فشار مانند قوطی اسپری یا ابزار پاشش استفاده می‌شود.

در روش استفاده از برس رنگ از یک فرچه یا اسفنج استفاده می‌شود.

در روش جاری کردن نافذ در سطح، مایع نافذ را بطور ساده و در سطح قطعه بوسیله ظرف جاری می‌کنند و مدتی صبر می‌کنند تا نافذ اضافی از سطح برطرف شود (شُره کند).

بدون در نظر گرفتن روش مورد استفاده، باید دقت کرد که مایع نافذ در سطح قطعه تست بطور یکنواخت و کافی، پوشش داده شود.

نکته: برای تست اتصالات جوشکاری شده، باید حداقل یک اینچ (25 mm) از اطراف منطقه

جوشکاری شده را توسط مایع نافذ پوشش داد.

نکته بسیار مهم: در مرحله دوم تست $P.T$ یعنی اعمال مایع نافذ، زمان نگهداری یا زمان قرار گرفتن نافذ در سطح تست مهمترین پارامتر است. به این زمان، زمان نفوذ یا زمان نگهداری گفته می‌شود
(Penetration, Dwelltime)

سؤال: زمان نفوذ یا نگهداری نافذ در روی سطح چقدر باید باشد؟ برای جواب دادن به این سؤال می‌توان به استانداردها و یا دستورالعملها و توصیه‌های کارخانه سازنده مایع نافذ و یا نهایتاً جداول تجربی مانند جدول ذیل مراجعه نمود. در استفاده از جدول ذیل باید توجه داشت که زمانهای ارائه شده فقط جنبه پیشنهادی داشته و بعنوان حداقل زمان لازم باید در نظر گرفته شود:

ماده	شکل	نوع عیب	حداقل زمان نگهداری (دقیقه)
آلومینیوم	ریختگی	حفرات گازی، سردجوشی	۵
	آهنگری	درزهای داخلی	۱۰
	جوشکاری	عدم ذوب، حفره گازی	۵
فولاد	همه اشکال	ترکها	۱۰
	ریختگی	حفرات گازی، سردجوشی	۱۰
	آهنگری	درزهای داخلی	۱۰
	جوشکاری	عدم ذوب، حفره گازی	۲۰
	همه اشکال	ترکها	۲۰

توجه: در جدول فوق درجه حرارت سطح تست را بین ۱۶ تا ۵۲ درجه سلسیوس در نظر بگیرید.

سؤال: در جدول فوق، منظور از حداقل زمان چیست؟

الف) بیشترین زمانی که لازم است تا مایع نافذ در روی سطح قطعه باقی بماند تا بهترین نتیجه در تست حاصل شود.

ب) زمانی است که باید، قطعه در مخزن مایع نافذ غوطه‌ور گردد.

ج) حداقل زمان لازم، جهت نفوذ مایع بدرون تمام ناپیوستگی

جواب: گزینه (ج) صحیح است و باید توجه داشت که در تعیین زمان لازم جهت نفوذ مایع نافذ بدرون

ناپیوستگی، ریزترین ناپیوستگی مدنظر قرار گیرد. پس زمان بر مبنای کوچکترین عیب مورد توجه، تعیین می‌گردد.

از جدول فوق‌الذکر چنین برمی‌آید که برای عیوب مختلف، زمانهای نگهداری مختلف اعمال می‌شود.

همچنین نوع فرآیند تولید قطعه (ریختگی، آهنگری، جوشکاری و...) نیز در این زمان مؤثر است.

جهت تعیین زمان نگهداری مایع نافذ در سطح قطعه، باید دو بند زیر را در نظر گرفت:

۱- استفاده از جدول کاربردی زمان نگهداری

۲- در نظر گرفتن وضعیت طراحی قطعه و مطابقت زمان لازم با آن. حال سوالی که مطرح می‌شود این

است که اگر بخواهیم با یکبار تست همه عیوب اشاره شده در جدول فوق (یا غیره) را آشکار کنیم، زمان

نگهداری چه مقدار باید باشد؟

در پاسخ به این سؤال، باید گفت که راه‌حل منطقی این است که بیشترین زمان نگهداری ارائه شده در

جدول فوق را بعنوان حداقل زمان نگهداری در نظر بگیریم تا از نفوذ مایع نافذ بدرون ناپیوستگی‌ها،

اطمینان حاصل شود. این زمان، باید توسط مهندس کنترل کیفی و با همکاری مهندس طراح تعیین شود زیرا

طراح، تنها کسی است که حساسیت مورد نظر جهت عیب‌یابی در قطعه را می‌داند یعنی می‌داند که قطعه

طراحی شده به چه عیوبی حساسیت دارد.

در جدول فوق‌الذکر، زمان ارائه شده بگونه‌ای در نظر گرفته می‌شود که طی آن مایع نافذ خشک نشود و اثر خیس‌کنندگی خود را داشته باشد. در صورتیکه، زمان نگهداری نافذ به بیش از ۳۰ دقیقه برسد، باید مجدداً نافذ را اعمال نمود تا از اثر خیس‌کنندگی آن اطمینان حاصل شود، یعنی باید توجه داشت که دقیقاً قبل از شروع مرحله بعد از اعمال مایع نافذ، مایع نافذ فرار گرفته روی سطح هنوز تر باشد.

نکته: وقتی لازم باشد که تست در دماهای بالا و یا دماهای خیلی پایین انجام گیرد، باید از مواد نافذ مخصوص استفاده کرد تا از تبخیر مواد نافذ بعلت حرارت زیاد و یا یخ‌زدگی ماده نافذ بعلت دمای پایین جلوگیری شود.

نتیجه: زمان نگهداری مواد نافذ، متأثر از دمای سطح تست است و تست در دماهای زیر ۱۶ و بالای ۵۲ درجه سلسیوس را باید با نافذهای ویژه و تحت شرایط خاص انجام داد.

فصل چهارم

(Excess Penetrant Removing)

پاک کردن نافذ اضافی

نافذ اضافی، به مایع نافذی گفته می شود که بعد از گذشت زمان نگهداری لازم در روی سطح قطعه باقی می ماند و بدرون ناپیوستگی نفوذ نمی کند. باید توجه داشت که دقیقاً در زمان پاک کردن، نافذ اضافی هنوز خاصیت ترکندگی خود را حفظ کرده و خشک نشده باشد.

در صورتیکه نافذ در سطح خشک شود، امکان ترک کردن مجدد آن بدرستی امکانپذیر نیست و تست را باید مجدداً از مرحله اول و پس تمیزکاری سطح آغاز نمود.

Penetrant
از نظر شستو

مایع نافذ را می توان به صورت دیگر هم طبقه بندی کرد که شامل:

(Water Washable)

۱- نافذ قابل شستو با آب

(Post Emulsified)

۲- نافذ (PE)

(Solvent Remoed)

۳- نافذ قابل شستو با حلال

- نافذ قابل شستو با آب را می توان با استفاده از آب از روی سطح پاک کرد.

- در تست بوسیله نافذ P.E، عموماً دو مرحله برای پاک کردن نافذ وجود دارد و از نافذی استفاده

می شود که دارای عامل پاک شونده نیست و برای پاک کردن نافذ اضافی، باید یک عامل دیگر و بطور جدا

اضافه گردد تا نافذ قابلیت شستو با آب یا حلال را پیدا کند.

- در روش استفاده از نافذ قابل شستو با حلال، از یک حلال مخصوص (شبه تینر) جهت پاک کنندگی

نافذ اضافی استفاده می گردد.

مرور مطالب گفته شده:

بطور کلی، سه نوع رنگ نافذ اصلی وجود دارد:

- نافذ قابل روئیت ← قابل دید در نور معمولی

- نافذ فلروسنت ← قابل دید تحت نور سیاه (ماوراء بنفش)

- نافذ ترکیبی ← قابل دید تحت نور معمولی و نور سیاه

همچنین، روشهای پاک کردن رنگ نافذ بشرح ذیل است:

- نافذ قابل شستشو با آب ← نافذ اضافی بوسیله آب پاک می شود.

- نافذ (P.E) ← نافذ اضافی بوسیله افزودن عامل پاک شونده بطور مجزا و یا با آب یا حلال

پاک می شود.

- نافذ قابل شستشو با حلال ← نافذ اضافی بوسیله حلال پاک می شود.

سؤال: در صورتیکه، پاک سازی سطح از نافذ اضافی، بطور صحیح انجام نگیرد، کدام نوع از علائم

نامربوط یا اشتباه ایجاد می شود؟

الف) علائم واقعی

ب) علائم اشتباه یا نامربوط

جواب: گزینه ب صحیح است. پس در صورتیکه نافذ اضافی، کاملاً از سطح پاک نشود، علائم نامربوط

یا اشتباه برانگیز در روی سطح قطعه ظاهر می شود و لذا می توان به اهمیت مرحله پاک سازی نافذ اضافی پی

برد.

* نکاتی را که در هنگام استفاده از حلال پاک کننده باید بخیاطر داشت:

۱- نافذ اضافی را در صورت امکان بوسیله پارچه خشک و بدون پرز پاک کنید. مدیران سلامت / نافذ

۲- نافذ اضافی باقی مانده در روی سطح را بوسیله پارچه بدون پرز و خیس شده با حلال پاک کننده باید

از بین برد.

۳- در صورتیکه از رنگ نافذ قابل دید در نور معمولی استفاده می‌کنید، باید توجه کنید که مرحله پاک کردن نهایی را برسيله پارچه مرطوب شده با محلول پاک‌کننده که آغشته به رنگ (حاصل از پاک کردن اولیه نافذ اضافی) نباشد، انجام دهید.

۴- هنگامیکه، نافذ با خاصیت فلروسنت را پاک می‌کنید، مراحل انجام کار را با لامپ نور سیاه (لامپ UV) کنترل کنید و در صورتیکه سطح تست دیگر خاصیت فلروسنت نداشت پاکسازی را متوقف کنید. پس بطور کلی می‌توان گفت که، مرحله پاکسازی نافذ اضافی، باید بگونه‌ای انجام گیرد که از بروز علائم نامربوط یا اشتباه برانگیز در مرحله بعدی (مرحله اعمال ظاهرکننده) جلوگیری شود.

نکته مهم: اعمال ماده پاک‌کننده نباید به گونه‌ای باشد که موجب خروج نافذ از درون ناپیوستگی شود. پس باید از اعمال مستقیم پاک‌کننده (مثلاً اسپری کردن) در روی سطح و یا حجم زیاد مصرف آن خودداری کرد. معمولاً برای پاک کردن نافذ اضافی از روی سطح باید از پارچه تمیز و بدون پرز که با محلول پاک‌کننده (حلال شیمیایی یا آب) مرطوب شده باشد استفاده گردد.

نکته: توصیه می‌شود که برای پاک کردن نافذ اضافی قابل شستشو با آب، از آبی با درجه حرارت بین ۱۶ تا ۴۳ درجه سلسیوس استفاده شود. مصرف آب با درجه حرارت بالا، منجر به بیرون راندن نافذ از ناپیوستگی شده و همچنین وضوح علائم حاصل از عیب را کاهش می‌دهد. همچنین استفاده از آب با دماهای پایین، راندمان پاکسازی نافذ اضافی را از روی سطح کاهش می‌دهد.

در روش نافذ P.E، عامل قابل شستشوکننده نافذ معمولاً ترکیباتی از لیپوفیلیک (*Lipophilec*) با پایه نفتی و یا هیدروفیلیک (*Hydrophilic*) با پایه آبی می‌باشد.

عامل *Emulsifier* (قابل شستشوکننده نافذ) را به همان روشهای گفته شده برای نافذ بکار می‌برند و تنها استثناً استفاده از برس رنگ است چون در صورت استفاده از برس رنگ، کنترل بکاربری عامل مشکل

می شود.

پس روشهای اعمال *Emulsifier* شامل: ^{۱-} غوطه‌وری یا فرو بردن، ^{۲-} پاشش با فشار هوا (اسپری) و جاری

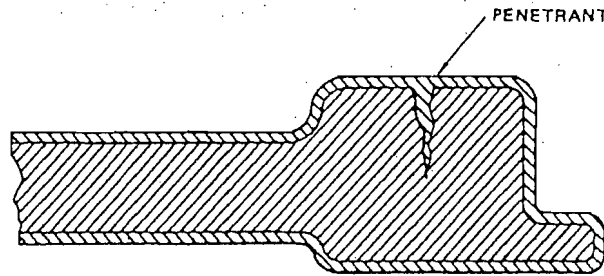
ساختن می باشد.

مرور مطالب گذشته:

در روش استفاده از نافذ (P.E)، قبل از افزودن عامل *Emulsifier*، نافذ قابلیت شستشو با آب را ندارد

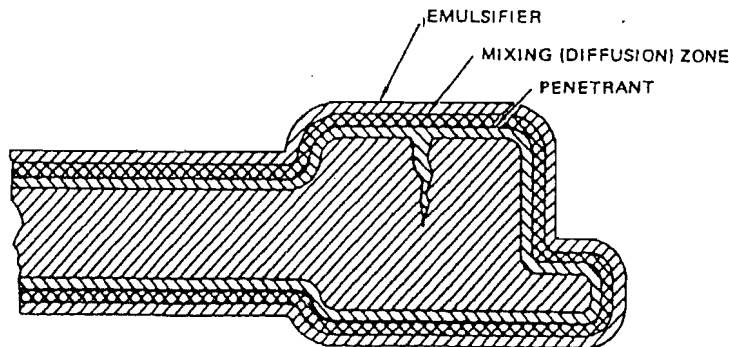
ولی بعد از افزودن عامل *Emulsifier* این قابلیت در نافذ ایجاد می شود.

شکل الف) نشانگر مرحله اعمال نافذ (P.E) و گذشت زمان لازم جهت نفوذ آن در ناپیوستگی است.



شکل ب) نشان دهنده مرحله افزودن عامل *Emulsifier* به نافذ جهت قابل شستشو شدن آن با آب

می باشد.



باید توجه داشت که زمانی جهت جابجایی و نفوذ (دیفوزیون) ذرات عامل *Emulsifier* بدرون نافذ در

نظر گرفته شود ولی این زمان نباید به اندازه‌ای طولانی باشد که موجب مخلوط شدن عامل *Emulsifier* با

نافذ در درون ناپیوستگی شود.

نکته: تا زمانی که نافذ اضافی با عامل *Emulsifier*، بطور کامل مخلوط نشود، نمی توان آنرا از روی سطح پاک نمود.

نکته ۲: در صورت نیاز به تست جهت آشکارسازی عیوب کم عمق سطحی، بهترین روش، استفاده از نافذ (P.E) با خاصیت فلروسنت می باشد چون بهترین زمان مناسب جهت افزودن و نگهداری عامل *Emulsifier* بستگی به شرایط سطحی قطعه و نوع عیوب آشکار شونده دارد و تحت شرایط معمول، این زمان بین یک تا سه دقیقه و بندرت تا ۵ دقیقه می باشد و مدت زمان مطلوب را می توان به تجربه بدست آورد.

در صورتیکه زمان را از حد متعارف کمتر در نظر بگیریم، نافذ اضافی از روی سطح پاک نمی شود و همچنین باقی ماندن نافذ موجب استتار علائم حاصل از عیوب می شود و اگر زمان را از مقدار مجاز، بیشتر در نظر بگیریم، موجب می شود که عامل *Emulsifier* در درون ناپیوستگی توزیع شود و با نافذ مخلوط گردد و در حین شستشو با آب، از درون ناپیوستگی خارج شود و دیگر مشاهده نمی گردد.

فصل پنجم

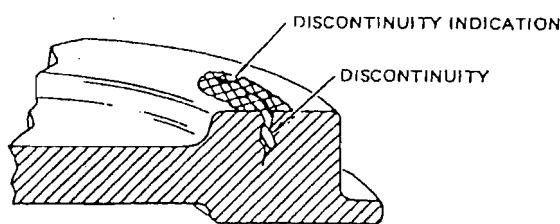
اعمال ماده ظاهر کننده

(Developer Application)

برخی ناپیوستگی‌ها، با توجه به اندازه و موقعت قرار گرفتنشان می‌توانند بعد از مرحله سوم تست (پاک کردن نافذ اضافی) موجب بروز علائمی شوند. بعضی رنگهای نافذ خاص وجود دارد که بدون نیاز به ماده ظاهر کننده، می‌توانند عیب را آشکار کنند اما معمولاً نیاز به یک ماده جهت ظاهر کردن علائم حاصل از عیوب وجود دارد. مرحله چهارم تست توسط مایع نافذ، بکار بردن ماده ظاهر کننده است. این ماده عمدتاً از پودرهای سفیدرنگی شبیه گچ ساخته می‌شود که یا خشک هستند و یا معلق در یک مایع حمل کننده (حمال) با پایه نفتی می‌باشند. خاصیت این ماده این است که می‌تواند ماده نافذ قرار گرفته در ناپیوستگی را بیرون کشیده و لذا می‌توان اثر ناپیوستگی را بصورت رنگی پخش شده (عموماً قرمز) در یک زمینه سفید (حاصل از ماده ظاهر کننده) مشاهده نمود.

نکته: چون نافذ بیرون آمده از ناپیوستگی در زمینه سفید رنگ حاصل از ماده ظاهر کننده پخش می‌شود

لذا اثر آن از اندازه واقعی عیب بزرگتر بنظر می‌رسد.



عموماً چهار نوع اساسی از مواد ظاهر کننده (*Developers*) وجود دارد که شامل موارد ذیل می‌باشد:

(*Water - suspended Particle*)

۱- ذرات معلق در آب

(*Water Soluble*)

۲- ذرات حل شده در آب

(*Dry*)

۳- ذرات خشک

(*Nonaqueous Wet*)

۴- ذرات معلق در مواد غیرآبی (پایه نفتی)

دو مورد اول و دوم، ظاهر کننده با پایه آبی هستند. در مورد اول، ذرات ظاهر کننده بصورت معلق در آب قرار دارند و قبل از استفاده و بمنظور توزیع یکنواخت ذرات در آب باید حتماً بطور کامل متلاطم گردند (مثلاً ظرف محتوی مواد تکان داده شود) و در مورد دوم، ذرات با تکان دادن در آب حل می شوند و از حساسیت زیادتری جهت آشکارسازی عیوب ریز برخوردار است.

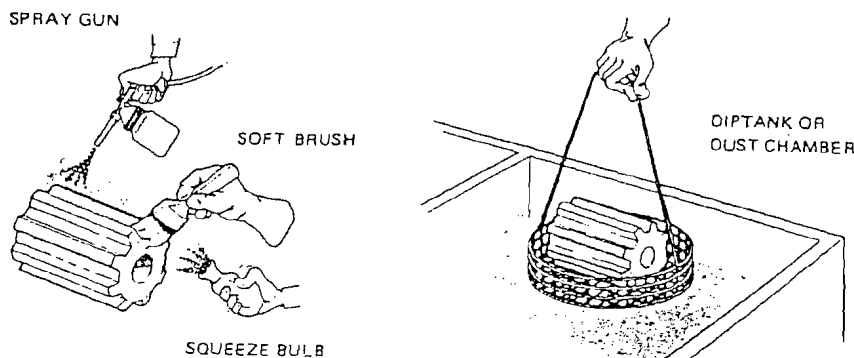
ظاهر کننده های نوع اول و دوم را معمولاً با نافذهای قابل شستشو با آب و یا *P.E* مورد استفاده قرار می دهند و کمتر با نافذهای قابل شستشو با حلال، مصرف می شوند. این موارد ظاهر کننده را وقتی قطعه هنوز بر اثر شستن با آب خیس است بکار می برند. روشهای بکار بردن مواد ظاهر کننده فوق شامل:

- فرو بردن یا غوطه وری

- ریختن یا جاری کردن

- و اعمال با فشار هوا (اسپری کردن) می باشد.

در بکار بردن روشهای فوق، بهترین نتیجه وقتی حاصل می شود که یک لایه نازک و یکنواخت از ماده ظاهر کننده در سطح قطعه اعمال شود که کنترل ضخامت و یکنواختی این لایه را می توان بوسیله پارامترهای حمام محلول (مخلوط) ظاهر کننده ایجاد کرد. برای حصول حساسیت بالا پاشش مواد با فشار هوا (اسپری) بطور یک لایه نازک و یکنواخت، توجه می شود.



نکته: حساسیت ظاهر کننده از نوع محلول آبی (*Water soluble*) نسبت به نوع ذرات معلق در آب بیشتر است و در واقع این ظاهر کننده (معلق در آب) حساسیت کمتری نسبت به بقیه انواع ظاهر کننده‌ها، جهت آشکارسازی عیوب ریز دارد.

وقتی از ظاهر کننده، با پایه آبی استفاده می‌شود، باید مدت زمان کوتاهی صبر کرد تا آب موجود در ماده ظاهر کننده تبخیر شود و برای سرعت بخشیدن به فرایند تبخیر، می‌توان از خشک کننده‌های با هوای گرم و یا محفظه‌های خشک‌کن استفاده نمود. بسته به ضخامت قطعه تست، درجه حرارت خشک‌کن را برای بیشتر موارد می‌توان بین ۶۶ تا ۱۰۷ درجه سلسیوس انتخاب نمود و زمان خشک کردن باید به اندازه‌ای باشد تا سطح تست کاملاً خشک شود. در انتخاب زمان و دمای فرایند خشک کردن باید دقت نمود که ماده نافذ در درون ناپیوستگی خشک نشود.

همچنین باید به این نکته توجه داشت که درجه حرارت انتخاب شده به قطعه آسیب نرساند و درجه حرارت متناسب با ضخامت و جنس قطعه انتخاب شود. ضمناً باید ظاهر کننده را همواره در مقابل آلوده شدن محافظت نمود.

ظاهر کننده خشک

در مورد ظاهر کننده‌های خشک می‌توان گفت که:

- ظاهر کننده خشک بدون استفاده از مایع حمال بکار برده می‌شود.

- ظاهر کننده خشک بصورت پودری شکل است.

- و سطح تست را باید قبل از اعمال این نوع ظاهر کننده کاملاً خشک نمود.

ذرات مواد ظاهر کننده خشک، معمولاً بشکل دانه‌های ریز و نرم و بصورت اسپری بکار برده می‌شوند.

(مثلاً تحت دمش هوای فشرده) همچنین ممکن است از برس‌های نرم نیز استفاده شود و یا گاهی از فرو بردن

قطعه در یک وان پر شده از پودر ظاهر کننده نیز استفاده گردد.

نکته ۱: باید سطح تست را دقیقاً قبل از اعمال ظاهر کننده کاملاً خشک نمود و اگر سطح تست در زمان

اعمال ظاهر کننده خشک نباشد، ممکن است علائم حاصل از عیوب مستتر و پنهان شوند.

نکته ۲: محدودیت‌های درجه حرارت‌های سطح تست و خشک کننده‌ها شامل:

- بیشترین درجه حرارت هوای خشک کننده ← ۱۰۷ درجه سلسیوس

- بیشترین درجه حرارت سطح تست ← ۵۲ درجه سلسیوس

- حداقل درجه حرارت هوای خشک کننده ← ۶۶ درجه سلسیوس

می باشد.

نوع دیگر مواد ظاهر کننده که تا بحال در مورد آن صحبتی نشده است، ظاهر کننده با مایع حمال غیرآبی

(*nonaqueous wet developer*) می باشد. در این نوع ظاهر کننده، ذرات ماده ظاهر کننده بصورت پودر در

یک مایع غیرآبی که سرعت تبخیر می شود (*rapid drying solvent*) و بصورت معلق قرار گرفته اند.

این نوع ظاهر کننده را معمولاً با نافذ پاک شونده ب حلال استفاده می کنند و کمتر با نافذهای *P.E* و قابل

شستشو با آب بکار برده می شوند. (دقیقاً عکس ظاهر کننده پایه آبی و خشک).

در مورد ظاهر کننده غیرآبی باید توجه داشت که سطح تست را باید قبل از بکار بردن ماده ظاهر کننده

کاملاً خشک نمود. (شبهه ظاهر کننده خشک) و روشهای اعمال آن نیز بوسیله اسپری‌های معمولی یا

اسپری‌های تحت فشار بالا می باشد.

نکته: ظاهر کننده‌های غیرآبی، حساس‌ترین مواد جهت آشکارسازی عیوب ریز نسبت به بقیه انواع

ظاهر کننده می باشد.

همچنین تبخیر شدن حلال در این نوع ظاهر کننده، به بیرون کشیدن نافذ از درون ناپیوستگی و آشکار

شدن عیوب کمک می‌کند.

بطور خلاصه، مراحل انجام تست *P.T* با استفاده از این نوع ظاهر کننده بشرح ذیل است:

مرحله اول: آماده‌سازی سطحی

مرحله دوم: اعمال ماده نافذ

مرحله سوم: پاک کردن نافذ اضافی

استفاده از خشک‌کن

مرحله چهارم: اعمال ظاهر کننده

استفاده از خشک‌کن

مقایسه مصرف مواد ظاهر کننده مختلف تحت شرایط گوناگون:

- بکار بردن ظاهر کننده تر با پایه آبی برای:

۱- سطوح خیلی یکنواخت و صاف که ظاهر کننده خشک به آن نچسبد.

۲- تست قطعات با تعداد زیاد و اشکال نسبتاً ساده.

۳- مواردی که آشکار سازی عیوب پهن و کم عمق مدنظر باشد، آشکار کننده تر، تمایل به ایجاد یک لایه

یکنواخت نسبت به ماده آشکار کننده خشک دارد.

- بکار بردن ظاهر کننده خشک برای:

۱- سطوح ناهموار که نسبت به ظاهر کننده تر، نتایج بهتری را ارائه می‌دهد.

۲- اتصالات سپری تیز، سوراخها و قطعات شیاردار.

۳- قطعات خیلی بزرگ که ممکن است اعمال ظاهر کننده تر مشکل باشد.

- بکار بردن ظاهر کننده تر با پایه غیر آبی

۱- برای تستهای موضعی و نقطه‌ای یا تستهای سحرایی و سایتی

۲- برای سطوح تست عمودی، یک لایه یکنواخت از ظاهرکننده ایجاد می‌کند.

۳- برای مواردی که نیاز به حساسیت خیلی بالا لازم است.

تذکر: موارد فوق فقط جنبه راهنمایی دارد و ممکن است با توجه به موقعیت و مشخصات تست و قطعه

تغییر کنند.

نکته: زمان نگهداری ظاهرکننده، بستگی به زمان خشک کردن و یا زمان اعلام شده توسط کارخانه

سازنده ظاهرکننده دارد و معمولاً بین ۷ تا ۳۰ دقیقه می‌باشد و بعد از گذشت این زمان، مرحله بازرسی آغاز

می‌شود. باید به این نکته توجه داشت که زمان طولانی قرار گرفتن ظاهرکننده بر روی سطح در امر

آشکارسازی علائم اثری معکوس دارد. (مضر است.)

فصل ششم

(Inspection and post cleaning)

بازرسی و پاک کردن نهایی

بازرسی:

مرحله پنجم تست *P.T*، مرحله بازرسی است که بعد از اعمال ماده ظاهر کننده و آشکارسازی علائم انجام می‌گیرد.

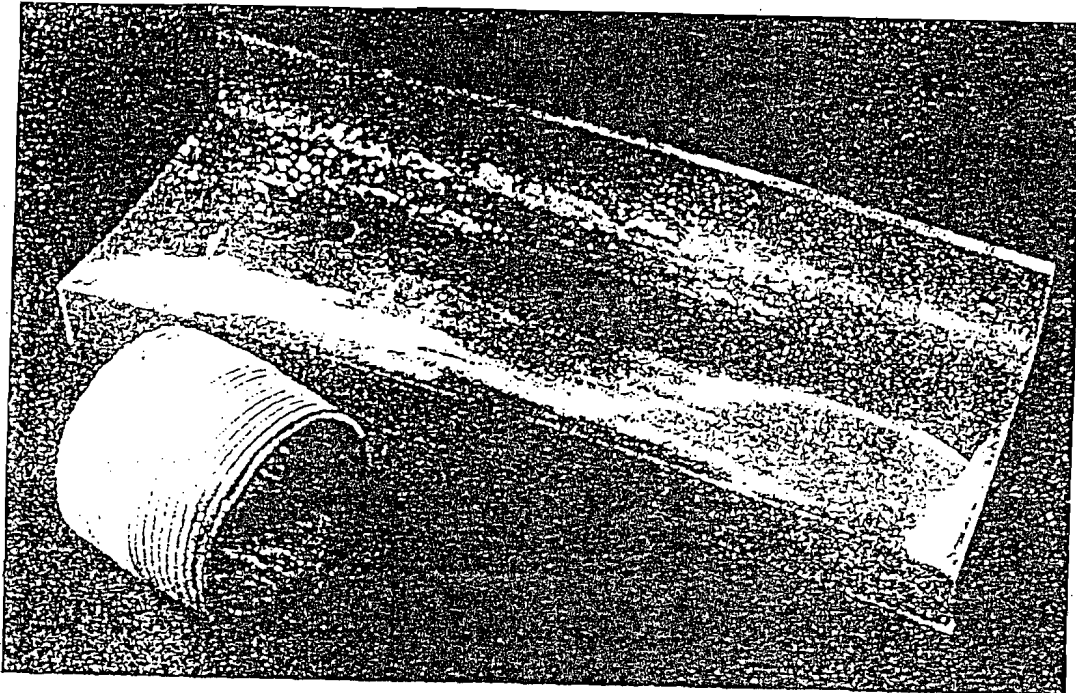
در اولین مرحله بازرسی باید به میزان روشنایی محل بازرسی توجه نمود. اگر از مواد فلوروسنت استفاده میشود. باید محل را به یک اتاق تاریک جهت بازرسی تجهیز نمود و یا یک محیط تاریک را فراهم ساخت. حداقل شدت تابش نور سیاه در سطح تست نباید از ۸۰۰ میکرووات بر سانتی متر مربع کمتر باشد و همچنین قبل از شروع بازرسی باید لامپ *UV* را حداقل ۵ دقیقه روشن نمود تا به اندازه کافی گرم شود و شدت تابش به حداقل مقدار فوق برسد. (لامپ *Warm up* شود). و همچنین باید چشم بازرسی به محیط تاریک اتاق عادت کند.

همچنین اگر از نافذهای قابل دید در نور معمولی استفاده شود، میزان روشنایی محل بازرسی باید به اندازه‌ای باشد که حداقل حساسیت دید برای علائم آشکار شده ایجاد شود. میزان روشنایی را باید در سطح تست اندازه‌گیری نمود و این مقدار نباید از ۳۲/۵ فوت کندل (۳۵۰ لوکس) کمتر باشد.

(32.5 footcandles or 350 lux)

در موقع بازرسی، احتمال مشاهده علائم نامربوط (*nonrelevant*) و یا اشتباه (*False*) وجود دارد که ارزیابی صحیح را با مشکل مواجه می‌کند. علائم حقیقی شامل علائمی می‌باشد که از خروج نافذ از درون ناپیوستگی‌های سطحی ایجاد می‌شوند و بررسی این نوع علائم می‌تواند منجر به قبولی یا ردی (اسقاط) قطعه شود.

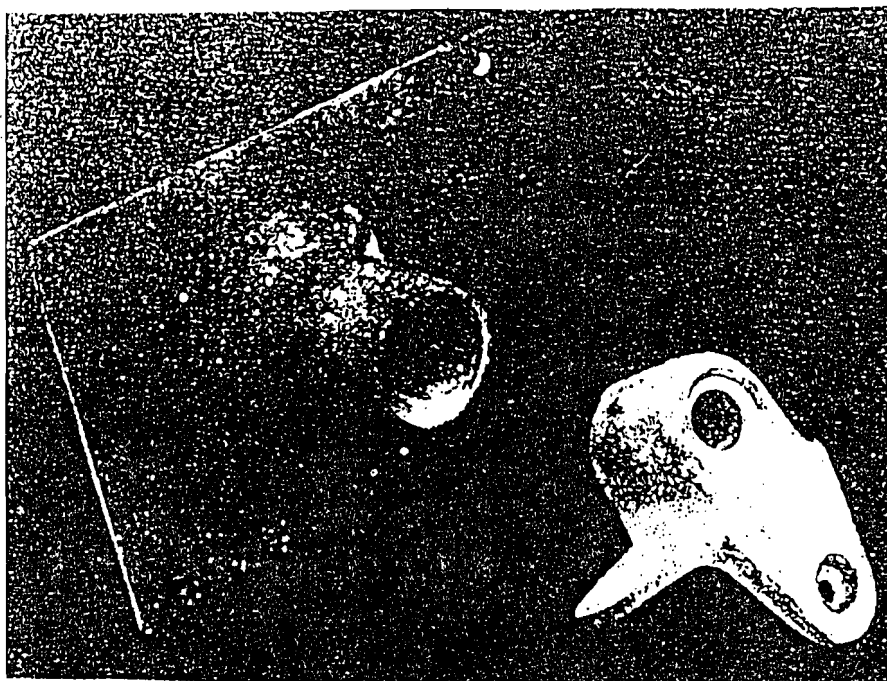
تمیز کردن نامناسب سطح در مرحله اول تست و یا شستن غلط نافذ اضافی از روی سطح تست در مرحله سوم، می تواند موجب بروز علائم نامربوط شود که در شکل ذیل نشان داده شده است. (روش فلروست).



غبار، پرز پارچه قرار گرفته روی سطح قطعه و ناهمواری و خراش هم می تواند موجب آشکار شدن علائم نامربوط شوند.

ماده نافذ هم ممکن است بوسیله سطوح ناهموار، لبه های تیز و سوراخهای کور شده حبس شود و منجر به علائم نامربوط یا اشتباه براهیز شود. منابع دیگر تولید علائم نامربوط ممکن است شامل رزوه ها، جای خارها و انصالات فشاری و غیره باشد.

شکل فوق، نشانگر تصویر قطعه ای است که مراحل تمیزکاری و شستشوی آن بدرستی انجام نشده است. (روش فلروست)



شکل فوقی، نشانگر تصویر قطعه‌ای است که سطوح زیر و ناهموار داشته و شستوی سطح آن بطور مناسب انجام نشده و علائم نامربوط در سطح آن ایجاد شده است.



علائم دیگری که شبیه علائم نامربوط است، علائم غلط یا اشتباه برانگیز (false indications) می‌باشد که یکی از دلایل بوجود آمدن آن، وجود غبار و پرز پارچه در سطح قطعه می‌باشد. این علائم می‌توانند موجب شوند که علائم واقعی حاصل از ترکهای ریز که مثلاً در محل پیچ و برچ و یا بین اتصالات مونتاژ شده بوجود می‌آیند پنهان شوند. (شکل فوقی)

در صورتیکه علائم شک برانگیز در سطح قطعه تست ظاهر شوند، باید تست را مجدداً انجام داد و علائم را بدقت بررسی نمود و حتماً باید قبل از تست از آلوده نبودن تجهیزات و مواد تست مطمئن شد.

علائم واقعی همواره بعلت خروج نافذ از ناپیوستگی های موجود در سطح بوجود می آیند و این علائم همواره باید مورد توجه شخص بازرس قرار گیرد. تشخیص علائم مربوط و نامربوط از همدیگر، نیاز به تجربه و آگاهی کامل از مشخصات این علائم و عوامل بوجود آورنده آنها دارد. مثلاً، علائم حاصل از ترکها، درزها و ناپیوستگی های سطحی حاصل از آهنگری، دارای علائمی پیوسته و خطی هستند. علائم دیگری که بصورت منقطع و بریده بریده هستند حاصل از غیربی مانند حفره های گازی، عیوب مدور و آخالهای کوچک می باشند. ضمناً از اندازه علائم آشکار شده و مقدار خروج نافذ از درون ناپیوستگی، می توان اندازه تقریبی عیب را حدس زد.

مثلاً ترکهای ریزو حفره های کوچک گازی، علائم ضعیفی را ایجاد می کنند.

ثبت علائم:

همانطور که بخوبی می دانید، عکس ها، بهترین اسناد برای ثبت دائمی اطلاعات به حساب می آیند. از هر دو نوع عکس های رنگی و سیاه و سفید که خاصیت خود ظهوری (*Self-developing*) دارند می توان استفاده نمود و همچنین از نوارهای آغشته به لاک الکل نیز می توان جهت ثبت دائمی علائم استفاده کرد. امروزه، ثبت علائم و اطلاعات کسب شده از تست و شرایط تست یکی از عوامل مهم بازرسی به حساب می آید.

مرحله ششم:

(Post cleaning)

تمیزکاری نهایی سطح

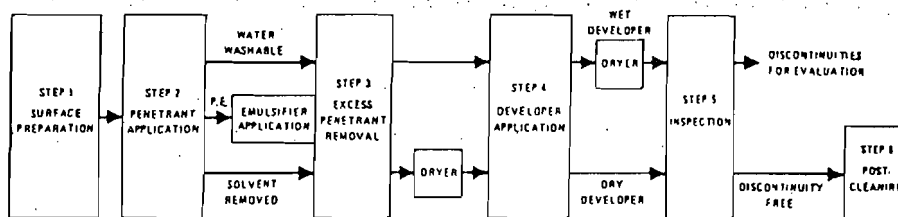
آخرین مرحله تست *P.T* تمیزکاری سطح از مواد تست است. باید توجه داشت که در صورتیکه سطح تست عاری از هرگونه عیبی باشد باید تمیزکاری نهایی سطح انجام گیرد و در غیراینصورت باید قبل از تمیزکاری علائم را در جهت ارزیابی بررسی نمود.

این مرحله از تست را میتوان در صورتیکه قطعه استناب باشد حذف نمود. اهمیت این مرحله بعلت این است که مواد ظاهر کننده و نافذ، تمایل به جذب رطوبت داشته و ممکن است موجب خوردگی در سطح شوند و یا در مرحله بعدی فرایند تولید یا هنگام استناده از قطعه، اختلال ایجاد کنند.

تمام روشهایی که در مرحله اول تست *P.T* گفته شده، برای این مرحله نیز صادق است.

معمولترین روش پاک کردن در این مرحله، استفاده از آب است.

مراحل تست *P.T*



فصل هفتم

محدودیتها و کنترل فرآیند

(Limitations and Process control)

محدودیتها

اولین و مهمترین محدودیت تست *P.T* این است که با این روش فقط می توان عیوب رسیده به سطح را آشکار نمود.

دومین محدودیت این تست، عدم امکان استفاده از روش های معمول *P.T* برای تست مواد با سطح متخلخل است.

در تست مواد با سطح متخلخل از روش *Filtered Partic le testing* استفاده می شود. در این روش بجای استفاده از رنگهای فلروسنت یا قابل دید در نور معمولی، از مایعی نافذ که ذرات ریز در آن وجود دارد استفاده می شود. در بیشتر موارد، این ذرات خاصیت فلروسنت دارند. در این روش تمام مایع نافذ توسط سطح جذب می شود و نیازی به مرحله پاک کردن نافذ اضافی نیست. جایی که ناپیوستگی بایک ترک باشد، پدیده ای خاص رخ می دهد که می توان علائم حاصل از ترک را روئیت نمود.

محلهایی که در آن ترک اشاعه پیدا کرده باشد، بیش از سایر نواحی، نافذ را در خود جذب می کنند. ترک موجب فیلتر شدن نافذ شده و ذرات معلق را از نافذ جدا می کند و بر روی سطح هدایت می کند و لذا علائم حاصل از ترک در سطح قابل روئیت می شوند.

سؤال: آیا این جمله که هرگز از تست مایع نافذ نمی توان برای مواد با سطح متخلخل استفاده نمود

درست است؟

جواب: خیر چون با بکار بردن تست *P.T* که ذرات فلروسنت در نافذ آن معلق است می توان مواد

متخلخل را تست کرد ولی شاید بکار بردن این روش خیلی آسان نباشد.

نتیجه: مهمترین محدودیت تست $P.T$ این است که فقط عیوب راه پیدا کرده به سطح را آشکار می‌کند.

(Process Control)

کنترل فرآیند و کاربرگای عملی

در فصول قبل اشاره شد که قطعه را باید قبل از تست کاملاً خشک و از هر نوع آلودگی کاملاً پاک نمود.

بطور مثال، مقدار اضافی آب، می‌تواند کیفیت نغرد و بعلاوه، قابل شستشو بودن نافذ را کاهش دهد.

همچنین، مقدار اضافی آب می‌تواند اثری معکوس بر خواص ماده قابل شستشو کننده (emulsifier) نافذ و

ماده ظاهر کننده داشته باشد. کیفیت مواد تست مایع نافذ ممکن است بعلت وجود روغن، و آلودگی‌های

موجود در حلال متأثر شود. لذا باید بمنظور کاهش اثرات مخرب فوق، تدابیری را اندیشید و اعمال کرد.

بطور مثال، مواد تست را باید در یک مخزن با حفاری و بطور مداوم بمنظور اطمینان از حساسیت و عدم

آلودگی آن کنترل نمود. همچنین مخازن و ظروف مواد تست مورد استفاده را باید همواره از آلوده شدن

محافظت نمود.

همانطور که گفته شد کیفیت ماده نافذ را معمولاً بر سبیله کنترل حساسیت و مقدار آب موجود در آن

بررسی می‌کنند. نافذهای قابل شستشو با آب را از لحاظ قابلیت شستشوی آنها بر سبیله کنترل حساسیت و

مقدار آب موجود در آن بررسی می‌کنند. نافذهای قابل شستشو با آب را از لحاظ قابلیت شستشوی آنها

بر سبیله آب بررسی می‌کنند و عوامل قابل شستشو کننده نافذ (Emulsifiers) نیز از لحاظ قابلیت شستشو

نافذ بر سبیله آب و مقدار آب موجود بررسی می‌شوند. ظاهر کننده‌های تر با پایه آبی از لحاظ دارا بودن

دانسیته مناسب و بر سبیله هدیرومتر کنترل می‌شوند.

ظاهر کننده‌های خشک نیز از لحاظ کرکی نبودن و با کلر خهای نبودن تحت بررسی قرار می‌گیرند.

همچنین می‌توان حساسیت مواد تست را با استفاده از یک تست بلوک مرجع که دارای عیوب مصنوعی

می‌باشند کنترل نمود و مواد را باید در صورتی دور ریخت (اسقاط نمود) که طبق استاندارد یا مشخصات

تست (spec) قابل استفاده نباشد.

نکته: آلودگی مواد نافذ بطور نسبی از اهمیت کمتری برخوردار است در صورتی که این مواد از نوع قابل

شستشو با حلال (Solvent Remover) باشند.

در اینجا، انواعی از مثال‌های ترکیب مواد با خصوصیات مختلف و جهت استفاده در تست مایع نافذ

آورده شده که این مثال‌ها شامل ترکیبات مواد نافذ، پاک کننده و ظاهر کننده است.

مثال‌ها:

- رنگ نافذ قابل روئیت، نافذ قابل شستشو با آب / ظاهر کننده خشک

- فلروسنت، نافذ با عامل اضافه شونده قابل شستشو کننده / عامل قابل شستشو کننده / ظاهر کننده تر

- رنگ قابل دید در نور معمولی، نافذ پاک شونده با حلال / حلال پاک کننده / ظاهر کننده تر غیرآبی

- نافذ ترکیبی، نافذ قابل شستشو با آب / ظاهر کننده تر غیرآبی

هر روشی با نام خود، معرف نوع روش و خصوصیات آن است.

نکته: میزان روشنایی و نور مورد نیاز در روش‌های تست $P.T$ ، متناسب با نوع روش انتخابی تعیین

می‌شود.

انتخاب نوع روش تست مایع نافذ به عواملی از قبیل اندازه قطعه، شکل قطعه، شرایط سطحی قطعه،

تعداد قطعات، تجهیزات و سهولت فرآیند بستگی دارد. در روش‌های ذکر شده، ساده‌ترین روش، روش

استفاده از نافذ قابل روئیت در نور معمولی است. در این روش نه به نیروی الکتریکی نیاز است و نه به محل

تاریک جهت بازرسی ولی محدودیت این روش، عدم آشکارسازی عیوب خیلی ریز بوده و در این زمینه از

حساسیت کمی برخوردار است. روش استفاده از نافذهای فلروسنت از حساسیت بیشتری جهت

آشکارسازی عیوب ریز برخوردار است. بسته به فرمول ماده نافذ فلروسنت و فرآیند بکار برده شده

حساسیت تست را می‌توان به سه دسته حساسیت متوسط، حساسیت زیاد و حساسیت خیلی بالا طبقه‌بندی کرد.

در روش استفاده از نافذ ترکیبی (*Dual Sensitivity*) از اینکه می‌توان دو سطح حساسیت کم و متوسط را بطور همزمان مهیا کرد بعنوان یک خصوصیت مطلوب نام برده می‌شود. در این روش می‌توان عیوب با اندازه بزرگ را تحت نور معمولی و علائم مشکوک به عیب که می‌تواند از عیوب کوچک حاصل شده باشد را تحت نور ماوراء بنفش روئیت کرد که این توانایی از تعویض ماده نافذ حاصل می‌شود و بعنوان یک خصوصیت مطلوب به حساب می‌آید. همچنین در این روش، بدون استفاده از ماده ظاهرکننده، می‌توان حساسیت خوبی برای تست حاصل کرد.

نکته ۱: در تمام روش‌های تست مایع نافذ، مرحله تمیزکاری سطح تست قبل از اعمال نافذ، وجود دارد.
نکته ۲: برای تست قطعات حساس به عیوب سطحی کم عمق، روش نافذ قابل شستشو با آب روش مناسبی نیست چون در هنگام پاک کردن نافذ اضافی با آب، احتمال خروج نافذ از درون ناپیوستگی زیاد است و در این مورد بهترین روش، استفاده از نافذ *P.E (Post - emulsified)* می‌باشد.

همچنین برای تست پیچ‌ها و یا محل‌های جای خار، بهترین نوع نافذ، نافذ قابل شستشو با آب می‌باشد. یکی از مزایای مهم روش استفاده از حلال پاک‌کننده (تینر)، آسانی استفاده از این مواد می‌باشد بطوریکه می‌توان از این مواد پاک‌کننده که بیشتر بصورت قوطی‌های تحت فشار (اسپری) می‌باشند در سایت‌ها و یا عملیات صحرایی و یا تست‌های موضعی و نقطه‌ای استفاده نموده و نیاز به تجهیزات پیچیده نمی‌باشد.

سؤال: کدامیک از روش‌های ذیل، دارای حساسیت در سطح متوسط می‌باشد؟

الف) روش فلورسنت قابل شستشو با آب

ب) روش فلورسنت با عامل قابل شستشو کننده

جواب: گزینه الف صحیح است.

سؤال: بهترین روش، جهت تمیزکاری سطح رزوه یک پیچ کدام است؟

الف) گریس زدایی بروش استفاده از بخار

ب) شستشو با آب

ج) شستشو با حلال

جواب: گزینه الف صحیح است. در این مورد بهترین روش جهت از بین بردن لایه نازک روغن یا گریس،

استفاده از بخار می باشد. در غیراینصورت روش جایگزین می تواند استفاده از حلال های پاک کننده باشد.

در موارد غیر معمول نیز از روش امواج ماوراء صوت (التراسونیک) نیز می توان استفاده نمود.

مرحله بعد از تمیزکاری سطح، مرحله اعمال مایع نافذ می باشد.

همانطور که قبلاً گفته شد، روشهای اعمال نافذ شامل فرو بردن یا غوطه وری قطعه تست در مخزن نافذ و

یا پاشیدن و اسپری کردن نافذ در سطح تست و یا استنای از فرچه رنگ می باشد.

سؤال: کدام گزینه، بهترین روش اعمال مایع نافذ برای پیچ و مهره می باشد؟

الف) فرو بردن

ب) اسپری کردن

ج) استفاده از برس رنگ

جواب: گزینه الف، بهترین روش برای اعمال مایع نافذ بر روی سطح پیچ و مهره و با تعداد زیاد

می باشد. در این روش سرعت عمل در کار و پوشیدگی کامل سطح قطعه از ماده نافذ صورت می گیرد.

نکته مهم در این مرحله، زمان نگهداری (زمان باقی ماندن) نافذ در روی سطح قطعه می باشد. همانطور

که گفته شد این زمان را می‌توان از روی جداول تجربی، توصیه‌های شرکت سازنده و تجربه بدست آورد ولی عوامل مؤثر در تعیین این زمان شامل: نوع مواد، شکل مواد و نوع عیب قابل روئیت با این تست می‌باشد.

سؤال: حداقل زمان نگهداری نافذ که برای پیچ‌های فولادی توصیه می‌شود شامل کدام گزینه است؟

الف) ۵ دقیقه

ب) ۱۰ دقیقه

ج) ۲۰ دقیقه

جواب: طبق جدول تجربی ارائه شده در فصل دوم، حداقل زمان توصیه شده ۲۰ دقیقه می‌باشد چون هدف آشکارسازی ترک می‌باشد.

نکته: رنج درجه حرارت مطرب سطح قطعه یا نافذ جهت حصول بهترین نتیجه حاصل از تست حدود ۱۶ تا ۵۲ درجه سلسیوس می‌باشد. در درجه حرارت‌هایی کمتر یا بیشتر از محدود فوق، نیاز به استفاده از نافذهای مخصوص می‌باشد.

مرحله بعد از اعمال نافذ، مرحله پاک کردن نافذ اضافی است و مرحله بعد از آن اعمال ماده ظاهرکننده می‌باشد که این ماده می‌تواند تر (با پایه آبی یا غیرآبی) یا خشک باشد ولی نحوه انتخاب باید چگونه و بر چه اساسی باشد؟ در اکثر موارد انتخاب نوع ماده ظاهرکننده بر مبنای اندازه، شکل و شرایط سطحی و تعداد قطعه می‌باشد.

سؤال: برای تست $P.T$ یک پیچ، کدام نوع ظاهرکننده مناسب‌تر است؟

الف) ظاهرکننده تر با پایه آبی

ب) ظاهرکننده تر با پایه غیر آبی

ج) ظاهر کننده خشک

جواب: گزینه الف صحیح است. چون ظاهر کننده تر با پایه آبی از لحاظ پوشش دادن در سطح تست کوچک مناسب تر است. در صورتیکه از دو نوع دیگر ظاهر کننده استفاده شود، لازم است ابتدا قطعه را خشک نمود.

سؤال: چرا لازم است که در مرحله خشک کردن قطعه که بعد از اعمال ماده ظاهر کننده انجام می‌گیرد، یک محدودیت برای دمای خشک کردن (بین ۶۶ تا ۱۰۷ درجه سلسیوس) قائل شویم؟

الف) چون دماهای بالا، می‌تواند موجب تبخیر ماده ظاهر کننده شود.

ب) چون دماهای بالا، می‌تواند اثری معکوس بر خواص نافذ درون ناپیوستگی داشته باشد.

جواب: گزینه ب صحیح است. چون دماهای بالای ۱۰۷ درجه سلسیوس می‌تواند موجب خشک شدن ماده نافذ درون ناپیوستگی شده و لذا از حساسیت تست کاسته می‌شود. بهترین نتیجه تست وقتی حاصل می‌شود که درجه حرارت خشک کن بین ۶۶ تا ۱۰۷ درجه سلسیوس محدود شود و زمان فرآیند خشک کردن فقط به اندازه خشک شدن سطح به طول بیانجامد و نه بیشتر.

مرحله بعد، بررسی زمان لازم برای آشکار شدن علائم می‌باشد. این زمان در واقع زمانی است که از اعمال ماده ظاهر کننده تا مرحله بازرسی، بطول می‌انجامد. در فصول قبل، توصیه‌هایی در جهت تعیین و انتخاب درست این زمان وقتی از ماده ظاهر کننده تر با پایه آبی استفاده می‌شود ارائه شده است.

سؤال: تعیین این زمان بر چه مبنایی صورت می‌گیرد؟

الف) بر مبنای جداول بدست آمده از سطوح تست

ب) بر مبنای تجربه بدست آمده از تست نمونه‌های با عبوب مصنوعی مشخص و مورد نظر
ج) بر مبنای زمان خشک شدن سطح آغشته به ماده ظاهر کننده

جواب: گزینه ج صحیح است. وقتی از ظاهر کننده تر با پایه آبی استفاده می شود، معمولاً زمان لازم برای خشک شدن سطح آغشته به ظاهر کننده، برای آشکار شدن علائم نیز کافی می باشد. ولی باید به این نکته توجه داشت که این زمان به اندازه ای طولانی نشود که اثر معکوس داشته باشد و علائم محو شوند.

نکات قابل توجه در استفاده از لامپ UV

در هنگام مصرف مواد فلوروسنت نیز باید خاطر داشت که بازرسی تحت نور ماوراء بنفش (لامپ UV) انجام گیرد و در این مورد باید حباب و فیلتر لامپ در حین استفاده کاملاً تمیز بوده و از عدم وجود ترکهای احتمالی در سطح حباب مطمئن شد. باید نور لامپ در سطح تست معادل ۸۰۰ میکرووات بر سانتی متر مربع باشد و عملیات بازرسی در یک محل تاریک صورت گیرد. ضمناً قبل از استفاده از لامپ باید حداقل ۵ دقیقه لامپ را روشن نموده (*Warm up*) کرد و بازرسی نیز در اتاق تاریک قرار گیرد تا چشم او به محیط کم نور عادت کند و همچنین از نگاه مستقیم به لامپ و یا تابش نور آن بطور مستقیم به پوست خودداری کرد. اگر بعلت قطع جریان برق در تابش لامپ وقفه ایجاد شود، ممکن است با برقراری مجدد جریان، لامپ روشن نشود و در این مورد باید حداقل ۱۰ دقیقه صبر نمود تا حباب لامپ خنک شود.

نکته ۱: در مورد استفاده از نافذ *P.E*، زمان مورد نیاز برای اعمال عامل قابل شستشو کننده را باید بر اساس تجربه بدست آورد و در حالت معمول این زمان می تواند بین یک تا سه دقیقه و کمتر از ۵ دقیقه است ولی بهتر است زمان لازم را با توجه به مشخصات قطعه تست و بر اساس تجربه بدست آورد. همچنین امکان لزوم استفاده از خشک کن در این تست بستگی به نوع ماده ظاهر کننده دارد.

نکته ۲: در مورد ظاهر کننده های تر با پایه غیر آبی، حداقل زمان لازم برای خشک شدن بین ۷ تا ۳۰ دقیقه و یا نصف زمان نگهداری نافذ در روی سطح می باشد.

نکته ۳: برای بازرسی جوش، استفاده از نافذ قابل دید در نور معمولی و همچنین حلال پاک کننده نافذ

اضافی (تینر) و ظاهر کننده تر غیرآبی توصیه می شود.

نکته ۴: حداقل فاصله منطقه تست از هر طرف خط جوش باید حدود ۲۵ میلی متر (یک اینچ) باشد.

نکته خیلی مهم: حلال پاک کننده نافذ را هرگز بطور مستقیم بر روی سطح تست اعمال نکنید (توصیه

می شود که نافذ اضافی را با کهنه آغشته به حلال پاک کنید) و همچنین حتی المقدور از حلالی استفاده کنید

که بوسیله سازنده نافذ توصیه شده باشد.

نکته ۵: بیشترین حساست تست وقتی حاصل می شود که ماده ظاهر کننده بصورت لایه ای نازک و

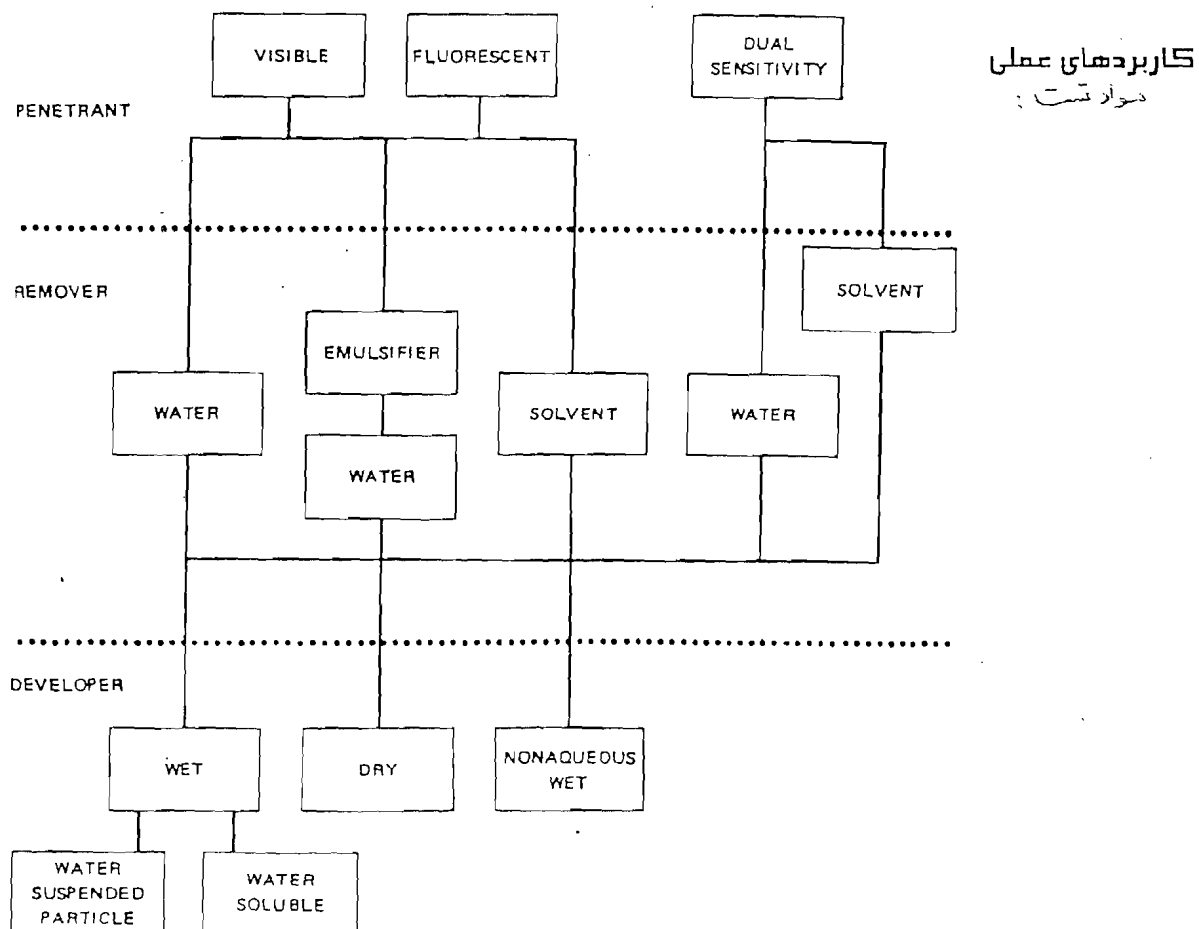
یکنواخت در سطح تست قرار گیرد.

نکته ۶: توصیه می شود که بعد از اتمام مراحل تست، سطح تست کاملاً تمیز شود تا اثر خوردگی مواد

تست حذف شود.

نکته ۷: در صورتیکه لازم باشد که سطح تست شده را مجدداً تست کنید حتماً قبل از شروع تست،

سطح را کاملاً تمیز کنید تا وجود نافذ خشک شده در ناپیوستگی های احتمالی، نتیجه تست را مختل نکند.



فصل هشتم

(Test Equipment)

تجهیزات تست

در فصول گذشته، در مورد مواد مختلف و دستورالعمل‌های مورد استفاده در تست مایع نافذ بحث کردیم. حال می‌پردازیم به بررسی تجهیزات تست.

(Stationary Test Equipment)

تجهیزات ثابت [ایستگاهی] تست

تجهیزات و دستگاه‌های مورد استفاده در تست مایع نافذ، ممکن است بصورت ثابت یا قابل حمل (متحرک) باشند.

به تجهیزاتی ثابت گفته می‌شود که همیشه در یک محل مشخص و ثابت قرار داشته باشند و اندازه این تجهیزات معمولاً آنقدر بزرگ است که قابل جابجایی نبوده و برای تست لازم است که قطعات به ایستگاه تست برده شود.

موارد مختلف تجهیزات ایستگاهی (ثابت) تست شامل:

- ایستگاه تمیزکاری اولیه قطعه (که معمولاً از ایستگاه تست نافذ هدایت می‌شود)

- ایستگاه ماده نافذ (مخزن)

- ایستگاه آبکشی (که با استفاده از مخزن نافذ انجام می‌گیرد)

- ایستگاه افزودن عامل قابل شستشوکننده نافذ (مخزن)

- ایستگاه برطرف کننده نافذ اضافی (مخزن و تجهیزات اسپری)

- ایستگاه خشک کن (معمولاً از نوع محفظه‌ای)

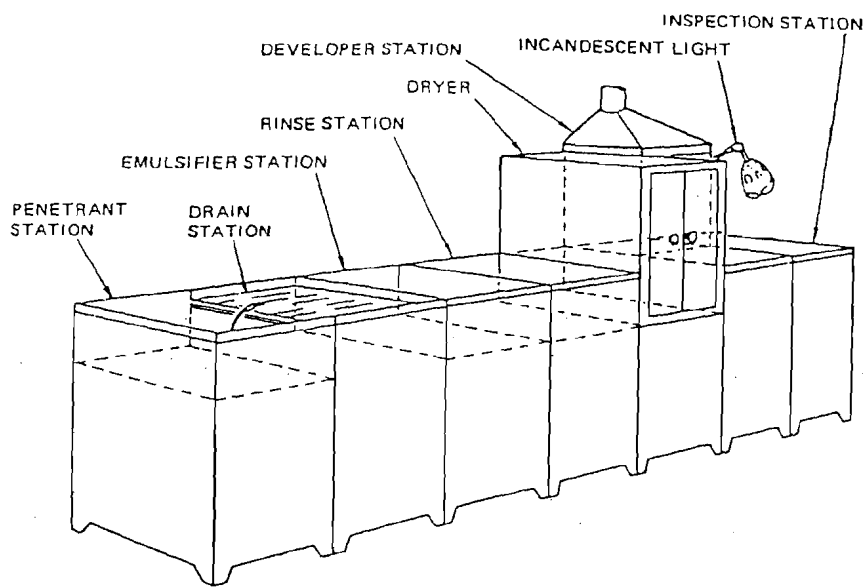
- ایستگاه ظاهر کننده (مخزن، اسپری یا نازل)

- ایستگاه بازرسی (شامل لامپ UV یا یک میز با چراغ رومیزی)

- ایستگاه تمیزکاری نهایی (معمولاً از ایستگاه نافذ کنترل می شود)

ایستگاه های فوق، بر اساس نوع تست بکار برده می شوند و بسته به نوع و شرایط تست ممکن است

برخی ایستگاهها حذف شوند.



سؤال: با توجه به شکل فوق، نوع ماده ظاهر کننده مصرفی در این سیستم شامل کدام مورد ذیل

می شود؟

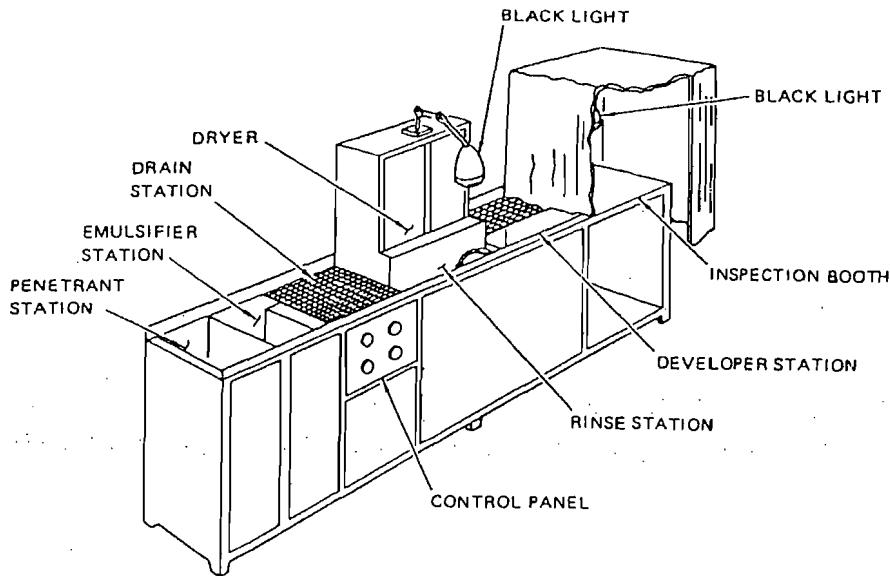
الف) ظاهر کننده تر پایه آبی

ب) ظاهر کننده خشک

جواب: گزینه ب صحیح است. چون ایستگاه خشک کن قبل از ایستگاه ظاهر کننده می باشد.

شکل ، نوع دیگری از سیستم ایستگاهی تست *P.T* را نشان می دهد.

بجای



سؤال: با توجه به شکل فوق، کدام فرایند ذیل در این سیستم صادق است:

الف) مواد فلروسنت، نافذ *P.E* / ظاهر کننده خشک

ب) مواد فلروسنت، نافذ *P.E* / ظاهر کننده تر با پایه آبی

جواب: گزینه الف صحیح است. چون ایستگاه خشک کن قبل از ایستگاه ظاهر کننده است.

(Automatic Processing)

فرآیندهای تست بصورت خودکار

در این بخش در مورد سیستم‌های خودکار تست *P.T* و برای کاربردهای ویژه از قبیل تست یا تاقان‌های

سریع گردان، بره‌های توربین و ... بکار برده می‌شوند. در این سیستم‌ها، بجز مرحله بازرسی، تمام مراحل

بطور اتوماتیک و خودکار انجام می‌گیرد و قطعات تست توسط یک نوار نقاله از یک ایستگاه به ایستگاه

دیگر منتقل می شود.

تجهیزات تمیزکاری اولیه و نهایی قطعه تست (Pretreatment and Posttreatment Equipment)

عملیات تمیزکاری اولیه و ثانویه را معمولاً در محل هایی غیر از محل تست انجام می دهند. بطور خلاصه، تجهیزات و مواد مورد استفاده در این مراحل شامل موارد ذیل می شود:

مخازن مواد پاک کننده: اثر این مورد بیشتر در پاک کنندگی آلودگی های غیرآلی می باشد. در این مورد نیاز به وسیله ای برای آبکشی و خشک کردن قطعه تست می باشد.

تجهیزات گریس زدایی: بیشترین اثر کاربردی این تجهیزات، برطرف کردن روغن، گریس و آلودگی های مشابه می باشد. بعلاوه، قطعات را در این مرحله گرم می کنند تا رطوبت آن خشک شود. در حین استفاده از این تجهیزات باید دقت کرد که از مواد پاک کننده ای استفاده شود که به سیستم آسیب نرساند.

تجهیزات پاک کننده بوسیله بخار: از این تجهیزات برای تمیزکاری سطوح قطعات بزرگ استفاده می شود.

تجهیزات پاک کننده بوسیله حلال: حلال های پاک کننده بوسیله غوطه ور کردن قطعات تست در مخازن حلال یا بوسیله سیستم الکتریکی اعمال گر حلال بکار برده می شوند.

تجهیزات پاک کننده غبار: پاک کننده های تجاری آکالین یا اسید برای غبار زدایی از سطح قطعه بکار برده می شوند که به همین منظور تجهیزات مخصوصی نیز بوسیله سازنده پاک کننده و جهت اعمال این مواد ساخته شده.

تجهیزات رنگ زدایی: برای رنگ زدایی از سطح قطعه تست از مواد پاک کننده شیمیایی استفاده می شود. تجهیزات لازم به این منظور توسط سازنده ماده رنگ زدا ساخته می شود.

تجهیزات خشی سازی و اچ کردن سطح: قطعاتی که سنگ خورده یا ماشینکاری شده باشند را

می توان بوسیله این روش، تمیزکاری سطحی نمود.

(Portable Test Equipment)

تجهیزات قابل حمل و نقل تست

از تجهیزات قابل حمل و نقل عموماً وقتی استفاده می شود که نتوان از تجهیزات ثابت برای تست

استفاده نمود. هر دو مواد فلروسنت و قابل دید در نور معمولی را می توان در این روش استفاده نمود.

از روش تست با تجهیزات قابل حمل و نقل بیشتر در موارد تست موضعی و یا تست در سایت ها استفاده

می شود که مواد مصرفی در این مورد عموماً بصورت قوطی های اسپری بکار برده می شوند.

جعبه مخصوص نافذهای قابل دید در نور معمولی حداقل دارای موارد ذیل است:

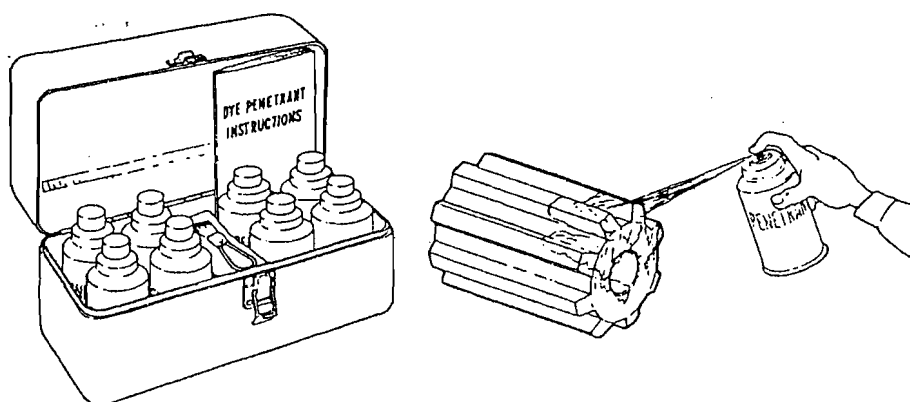
- حلال های پاک کننده یا برطرف کننده شیمیایی

- رنگ نافذ قابل دید در نور معمولی

- ظاهر کننده تر غیر آبی

- برس یا پوشش های خشک کننده

جعبه مخصوص مواد مورد استفاده در تست پرتابل به روش فلروسنت به شکل ذیل است:



این جعبه معمولاً شامل موارد ذیل است:

- حلال پاک کننده
- نافذ فلروست
- ظاهر کننده تر غیر آبی
- ظاهر کننده خشک (بطور غیر معمول)
- برس و پوشش های خشک کننده
- لامپ UV قابل حمل و نقل
- پوشش لازم برای تاریک کردن محیط تست

تصاویر