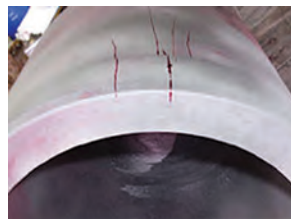


پودمان ۴

بازرسی مایعات نافذ

بازرسی با مایعات نافذ



چشم انسان در سالم‌ترین وضعیت خود قادر است اجسام و علائم را تا اندازه معینی ببیند. یک چشم سالم قادر است یک شیء به اندازه تقریباً $\frac{3}{8}$ میلی‌متر را ببیند. در بازرسی چشمی با چگونگی شناسایی نواقص جوشکاری از طریق چشم آشنا شدید. اما حفره‌های بسیار ریز و یا ترک‌های بسیار بسته، با چشم دیده نمی‌شوند. در این بخش با روش بازرسی با مواد نافذ آشنا می‌شوید. در این روش بسیاری از این نوع نواقص ریز شناسایی می‌گردند.

آیا تاکنون از مون شناسایی اسکناس‌های جعلی از اصلی را دیده‌اید (شکل ۱-۵). برای آنکه بدانید پول تقلبی است یا نه، نشانه‌هایی درون آن به کار رفته است که با چشم غیر مسلح و در نور محیط قابل مشاهده نیست. ولی با کمک ابزارهای خاص می‌توان آن را مشاهده نمود. در صنعت هم با کمک ابزارهایی می‌توان عیوبی را که با چشم به راحتی قابل رویت نیستند را آشکار نمود.



شکل ۱-۴ استفاده از نور ماورای بنفش در تشخیص اسکناس

به تصویر زیر نگاه کنید، قبل از ریختن چای در فنجان ترک موجود در آن مشخص نمی‌باشد. برداشت شما از چگونگی نمایان شدن ترک روی آن پس از ریختن چای چیست؟



فنجان ترک‌دار قبل از ریختن چای

فنجان ترک‌دار پس از ریختن چای در آن

شکل ۲-۴

بازرسی با مواد نافذ







همان گونه که در بخش قبل یادآوری گردید، در صنعت روش های غیر مخرب مختلفی برای شناسایی عیوب محصولات در زمان تولید و یا قطعات در حال سرویس وجود دارد. یکی از این روش ها بازرسی با مایعات نافذ است، که تحت عنوان (P.T=Penetrant Testing) شناخته می شود.

بازرسی با مواد نافذ روشی است که برای شناسایی نواقص بسیار ریز که به سطح راه دارند (مانند ترک و حفره ها) در نمونه های غیر اسفنجی (حفره دار) مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش از یک ماده نافذ روی سطح استفاده می شود و به دلیل خاصیت موئینگی وارد نواقص ریز سطحی می شود. این ماده رنگی محبوس شده در نقص طی مراحل بعدی مجدداً بر روی سطح تمیز شده کشیده می شود و به راحتی توسط بازرسی دیده می شود.

در اواخر قرن هجدهم قطعات راه آهن برای اولین بار با این روش بازرسی شدند. ابتدا قطعات را به روغن سوخته، آغشته می کردند و پس از گذشت مدتی سطح آلوده را پاک کرده و محلول گچ و الکل را روی سطوح تمیز شده به کار می بردند. پس از خشک شدن سطح، روغن سیاه رنگ وارد شده به درون ترک و نواقص به سطح نمونه که دارای یک زمینه سفید نیز بود کشیده شده و به راحتی قابل شناسایی بودند. این روش تحت عنوان «نفت زدن و سفید کردن» شناخته می شد که به مرور با ایجاد تغییرات در ساخت مواد نافذ و افزایش ویژگی های آن، به بازرسی با مواد نافذ امروزی تبدیل شد.

مراحل بازرسی با مواد نافذ را در جدول زیر مشاهده می کنید:

جدول ۱-۴ مراحل بازرسی با مواد نافذ

					
تمیز کاری اولیه سطح نمونه	اعمال مواد نافذ روی سطح	زمان اسکان (ماندن مواد روی سطح)	تمیز کاری سطح از مواد نافذ	اعمال آشکار سازی روی سطح	شکل نقص روی سطح نمونه از بالا
۱	۲	۳	۴	۵	۶

تمرین



مراحل بازرسی را با گذاشتن اعداد ۱ الی ۶ مرتب کنید.

- () اعمال ماده نافذ
- () تمیزکاری سطح
- () رعایت ماندن ماده روی سطح
- () به کارگیری آشکارساز
- () بازرسی
- () تمیزکاری مایع نافذ

ویژگی های یک ماده نافذ خوب

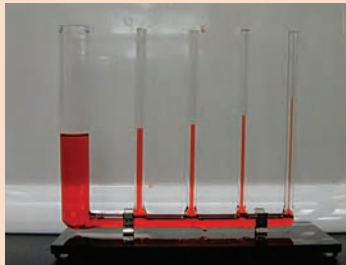
یک ماده نافذ خوب که می تواند عملکرد خوبی در شناسایی نواقص داشته باشد، باید دارای ویژگی های فیزیکی زیر باشد:

- کشش سطحی بالا (جمع شدن مایع روی سطح به شکل ورقه ای کشسان).
 - خاصیت ترکنندگی بالا (گسترش و پخش شدن مایع روی سطح با زاویه کم).
 - گرا روی (Viscosity) کم (مقاوم به جاری شدن).
 - خاصیت مویینگی بالا (نفوذ و جاری شدن در منافذ باریک)
 - شفافیت رنگ (رنگ با خاصیت درخشندگی بالا).
 - حل کنندگی بالا (قابلیت حل کردن ناخالصی های درون نقص).
- توجه:** قبلاً با تعریف و مفاهیم ویژگی های آنها آشنا شده اید.

کار کلاسی



به تصاویر زیر نگاه کنید به نظر شما آیا بین این دو تصویر ارتباطی وجود دارد؟ می توانید برای آن یک دلیل علمی پیدا کنید؟



شکل ۳-۴

چرا در لوله باریک تر سطح مایع، ارتفاع بیشتری دارد؟



با تهیه وسایل موجود در تصاویر زیر آزمایش را یکبار به کمک آب (رنگ شده با جوهر) و یکبار با روغن سوخته انجام دهید و نتایج را با هم مقایسه کنید کدام ماده دارای خاصیت موبینگی بهتری می باشد؟

جدول ۲-۴

<p>MATERIALS</p> <p>Colour Water Paper Clips Rubber Bands Microscope Slides</p>	<p>۱ مواد مورد نیاز گیره کاغذ، لام (تیغه شیشه‌ای) کش و ظرف آب و روغن</p>	
<p>PLACE ON SLIDE ON TOP OF OTHER</p>	<p>۲ نحوه قرار دادن ورقه‌ای شیشه بر روی هم</p>	
<p>PLACE RUBBER BAND INSERT CLIP BETWEEN SLIDES</p>	<p>۳ نحوه قرار دادن گیره کاغذ گیر و بستن با کش</p>	
	<p>۴ قرار دادن نمونه‌های آماده در آب رنگی و روغن سیاه و مشاهده نفوذ</p>	



به کمک مربی خود نقش عوامل مؤثر بر کیفیت ماده نافذ را در ستون مربوطه توضیح دهید.

جدول ۳-۴

توضیح	تصاویر	عوامل تأثیر گذار بر خاصیت مویبندی
	<p>چگالی پایین چگالی متوسط چگالی بالا</p>	چگالی DENSITY
	<p>ترکندگی زیاد ترکندگی متوسط ترکندگی کم</p>	خاصیت ترکندگی Wetting Ability
		کشش سطحی Surface Tension
		گرا روی Viscosity

ایمنی در بازرسی با مایعات نافذ

در بازرسی با مواد نافذ، موارد زیر را همیشه در نظر داشته باشید.

- مواد نافذ سمی و اشتعال‌زا است.
- مواد نافذ تأثیر نامطلوب روی پوست و چشم دارد.
- نور فرابنفش برای پوست و چشم مضر می‌باشد.
- محل بازرسی باید دارای تهویه و شیر آب برای شست‌وشوی چشم و پوست باشد.

تمرین



به شکل ۴-۴ نگاه کنید و تجهیزات حفاظت فردی که بازرس مورد استفاده قرار داده است را در جدول زیر بنویسید.



شکل ۴-۴- تجهیزات فردی

جدول ۴-۴

ردیف	نام تجهیزات حفاظت فردی	دلایل استفاده
۱	دستکش پلاستیکی	
۲		جلوگیری از ورود گازها و بخارات تبخیر شده از مایع نافذ و حلال‌های پایه نفتی به ریه
۳	عینک	
۴	پیش‌بند پلاستیکی	

توجه: قبل از انجام تست مایعات نافذ چک لیست زیر را پر کنید (هدف جلوگیری از خطرات احتمالی)

جدول ۵-۵

راهکار	وجود ندارد	وجود دارد	نوع خطر	ردیف
			کار با مواد شیمیایی	۱
			خطر آتش‌سوزی	۲
			تهویه مناسب	۳
			خطر تماس مواد شیمیایی با پوست و چشم	۴
			نور مناسب محیط	۵
			خطر سقوط اجسام	۶
			خطر برق‌گرفتگی	۷
			سقوط از ارتفاع	۸

تمیزکاری سطح قطعات

در بازرسی با روش مواد نافذ، تمیزکاری، که اولین مرحله بازرسی نیز می‌باشد بسیار مهم و تأثیرگذار می‌باشد. در این مرحله باید تمام پوشش‌های سطحی مانند چربی، رنگ‌ها، اکسیدهای سطحی و... از روی سطح قطعات برداشته شود. چون می‌توانند سبب بسته شدن دهانه عیب شده و از نفوذ مایع نافذ به درون عیب جلوگیری کنند.

نکته



- در بازرسی با مواد نافذ نباید سطح نمونه دارای چربی یا هرگونه پوشش یا رنگ باشد.
- روش تمیزکاری باید با توجه به جنس نمونه و با دقت انتخاب شود تا آسیبی به کارایی قطعه وارد نیاید.
- در روش‌های تمیزکاری با آب، نمونه باید حتماً به اندازه کافی خشک شود زیرا آب مانع ورود مواد نافذ به نقص می‌گردد.

در شکل زیر چند روش تمیزکاری را مشاهده می‌کنید.



روش‌های مکانیکی مانند سنگ زدن، فرچه زدن، سند بلاست



تمیزکاری با امواج مافوق صوت (التراسونیک)
تمیزکاری با ایجاد لرزش‌های صوتی توسط دستگاه انجام می‌شود



روش‌های شیمیایی مانند اسیدشویی، استفاده از انواع زنگ‌برها

شکل ۵-۴- چند روش تمیزکاری



تمیزکاری با روش مکانیکی و آب و صابون

الف) برای آنکه با نحوه تمیزکاری مکانیکی آشنا شویم ابتدا سطح دو ورق جوشکاری شده فولادی به ابعاد ۱۰ سانتی‌متر در ۵ سانتی‌متر را با سوهان کاملاً پرداخت کنید سپس آنها را در درون یک پارچه خیس پیچیده و به مدت ۴۸ ساعت قرار دهید تا سطح آن مانند تصویر زیر اکسید شود سپس یکی را با روش (فرچه سیمی دستی) تمیز کنید و دیگری را با سمباده تمیز نمایید. سپس سطح قطعات را با یکدیگر مقایسه نمایید. (این آزمایش را می‌توان با نمونه‌های زنگ زده نیز انجام داد)



شکل ۶-۴ - چگونگی سطوح خورده شده

ب) چربی‌گیری

با کمک مربی خود تعدادی قطعات آلوده به روغن یا گریس تهیه کنید.

دستور تمیزکاری برای چربی‌گیری:

- ابتدا روغن و آلودگی اضافی موجود بر روی سطح را با دستمال تمیز کنید.
- سپس در مرحله بعد با استفاده از یکی از روش‌های زیر نمونه را چربی‌گیری نمایید.
- استفاده از حلال و پارچه
- استفاده از آب گرم و صابون و یا شوینده‌های رایج
- این قطعات پس از خشک شدن برای بازرسی با مواد نافذ آماده می‌باشند.

روش‌های اعمال مواد نافذ

در شکل ۷ روش‌های اعمال مواد نافذ را مشاهده می‌کنید.



روش اسپری با قوطی



روش اسپری با کمپرسور فشار باد



روش غوطه‌وری در مخزن مایع نافذ



استفاده از فرچه

شکل ۷



سه نمونه فلزی ترجیحاً کوچک تهیه کنید. آنها را با روش های اسپری، غوطه وری و استفاده از قلم مو به مواد نافذ آلوده کنید. سپس محدودیت و مزایای هر روش را طبق جدول گزارش کنید.

جدول ۶

امتیاز	محدودیت	روش اعمال	
	پاشش ذرات در قسمت های غیر ضروری و آلوده سازی بیشتر محیط	اسپری	۱
		غوطه وری	۲
		قلم مو	۳

زمان اسکان چیست؟

پس از اعمال مواد نافذ روی نمونه مدت زمانی معین این مواد باید روی نمونه باقی بماند که به آن زمان اسکان یا (Dwell Time) گفته می شود این زمان بستگی به عواملی چون جنس نمونه، حساسیت و نوع نقص متفاوت می باشد. زمان اسکان براساس جداول ثبت شده استاندارد یا کارخانه سازنده مواد نافذ صادر می شود. جهت بررسی خوردگی و عیوب ریز به ویژه حفره ها به زمان بیشتری نیاز می باشد. زمان اسکان فلزات فولادی معمولاً بیشتر از فلزات رنگی می باشد. زمان اسکان ممکن است از ۵ دقیقه الی چند ساعت و بستگی به متغیرهای فوق متفاوت باشد. در جدول زیر (Dwell Time) طبق استاندارد ASME^۱ برای مواد و فرایندهای مختلف ارائه شده است.

جدول ۷ زمان اسکان براساس استاندارد ASME

جدول حداقل زمان Dwell Times و آشکارسازی در بازرسی با مایعات نافذ				
مواد Material	روش تولید Form	نوع عیب Type of Discontinuity	زمان ماندن مایع نافذ Penetrant دقیقه	زمان آشکارسازی Developer دقیقه
آلومینیوم - آهن	ریخته گری و جوشکاری	ترک، حفرات، عدم ذوب	۱۰	۱۰
آلومینیوم - آهن	آهنگری، اکستروژن	ترک، حفرات، عدم ذوب	۱۰	۱۰
پلاستیک	همه روش های تولید	ترک	۵	۱۰
شیشه	همه روش های تولید	ترک	۵	۱۰
سرامیک	همه روش های تولید	ترک	۵	۱۰

۱. The American society of Mechanical Engineers

دسته‌بندی آزمون مایعات نافذ

بازرسی مایعات نافذ براساس نوع نور بازرسی مورد نیاز و روش‌های تمیزکاری مایع نافذ اضافی از روی سطح قطعه دسته‌بندی می‌شوند. در جدول ۸ این دسته‌بندی نشان داده شده است.

جدول ۸ دسته‌بندی مایع نافذ

نور محیط بازرسی	فلورسانس (Fluorescence)			مرئی (visible)		
	معلق‌سازی سپس شست‌وشو با آب	شست‌وشو با حلال	قابل شست‌وشو با آب	معلق‌سازی سپس شست‌وشو با آب	شست‌وشو با حلال	قابل شست‌وشو با آب
اهمیت و میزان حساسیت	*****	*****	****	***	**	*

دسته‌بندی مواد نافذ از نظر نور بازرسی

محیط نوری که برای بازرسی قطعات در مرحله نهایی آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرند: **مواد نافذ مرئی**: مواد نافذی هستند که در مرحله بازرسی زیر نور معمولی بازرسی می‌شوند.

در جدول ۹ دو نوع مواد نافذ براساس نور بازرسی را مشاهده می‌کنید.

جدول ۹

	<p>تست با مایعات نافذ مرئی (قرمز رنگ) Visible penetrant testing قابل بازرسی زیر نور معمولی محیط</p>	۱
	<p>تست با مایعات نافذ فلورسانس (معمولاً فسفری رنگ) Fluorescent Penetrant Testing قابل بازرسی با نور فرابنفش</p>	۲

مواد نافذ فلورسانس: مواد نافذی هستند که در مرحله بازرسی زیر نور فرابنفش بازرسی می‌شوند.

دلیل استفاده از مایع فلورسانس، حساسیت چشم انسان نسبت به طول موج رنگ آن می‌باشد. بدین صورت که چشم انسان اثرات رنگ فلورسنت را در زیر نور فرابنفش به صورت شفاف و واضح‌تر می‌بیند. لذا برای بازرسی قطعات حساس و نواقص بسیار ریز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

توجه: از تابش مستقیم نور فرابنفش به چشم پرهیز گردد. مایع نافذ مرئی فقط در زیر نور معمولی قابل مشاهده است و از حساسیت کمتری نسبت به مایع نافذ فلورسنت برخوردار می‌باشد.

نور فرابنفش در بازرسی مایعات نافذ از نوع فلورسانس باید از نور فرابنفش که به نور سیاه نیز معروف است استفاده شود. (شکل ۸)
این چراغ ممکن است به صورت ثابت و یا قابل حمل مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۸- دستگاه مولد نور فرابنفش

در بازرسی‌های حساس شدت نور این دستگاه با دستگاه سنجش فرابنفش مورد بررسی قرار می‌گیرد.



تولید نمونه جوشکاری شده ترک‌دار با وضعیت تخت برای بازرسی P. T. قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای جوشکاری و برشکاری که شامل ماسک جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس نمونه را ایجاد کنید: تجهیزات فنی:
دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده همراه حفاظ ایمنی مناسب.

مواد مورد نیاز:

- الکتروود E۶۰۱۳ با قطر ۴
- دو تکه قطعه فولادی از جنس فنر ماشین با ضخامت ۶ میلی‌متر یا بیشتر با طول ۱۰۰ میلی‌متر و عرض ۳۰ میلی‌متر یا بیشتر
- ظرف آماده آب سرد

دستور کار:

- ابتدا دو قطعه را با یک گیره دستی کنار هم قرار دهید.
- در این مرحله قطعه را جوشکاری کنید.
- بعد از اتمام جوشکاری بلافاصله قطعه را در ظرف آب سرد قرار دهید.

هدف:

- ایجاد عیوب جهت انجام آزمایش مایعات نافذ.
- پس از تولید نمونه یک گزارش چشمی از نواقص قابل مشاهده با چشم تهیه کنید.
- اندازه ترک‌ها را مشخص کنید.
- این نمونه را جهت آزمایش بعدی نزد خود نگهدارید.
- در آزمایش P.T. به تفاوت نتایج توجه و آن را گزارش کنید.
- فرم گزارش چشمی در بخش قبل ارائه شده است.



دسته‌بندی مواد نافذ از نظر نوع تمیزکاری ماده نافذ بر روی سطح نمونه: مواد نافذ قابل شست‌وشو با آب (Water Washable): مواد نافذی هستند که باید با آب تمیز شوند. این نوع ماده ممکن است با پارچه آغشته به آب و یا فشار آب شسته شوند. این نوع مواد از حساسیت کمی برخوردار هستند. ولی مزیت آن برای قطعات با شکل پیچیده که تمیزکاری آن سخت است مناسب می‌باشد، همچنین برای خطوط تولید مناسب می‌باشد.



شکل ۹- شست‌وشوی مایع نافذ با آب (سمت راست مایع نافذ فلورسنت سمت چپ مایع نافذ مرئی)

مواد نافذ قابل شست‌وشو با حلال (Solvent Removable): مواد نافذی هستند که ابتدا پارچه را به حلال آن آغشته و سپس سطح نمونه با آن تمیز می‌شود. از این مواد اغلب برای قطعات کوچک‌تر و یا خارج از آزمایشگاه استفاده می‌شود و از نوع قابل شست‌وشو با آب حساس‌تر می‌باشد. توجه داشته باشید که از پاشش این حلال روی نمونه، به دلیل امکان شستن ماده نافذ در نواقص سطحی پرهیز گردد.



شکل ۱۰- حذف مایع نافذ به کمک دستمال و حلال

مواد نافذ قابل شست‌وشو پس از معلق‌سازی (Post – Emulsifiable):
 مواد نافذی هستند که در دو مرحله تمیز می‌شوند، ابتدا پس از گذشت زمان ماندگاری ماده نافذ روی سطح، یک مایع معلق‌ساز روی آن زده می‌شود و پس از گذشت زمانی معین، با آب شسته می‌شوند.
توجه: زمان ماندگاری ماده تعلیق‌ساز طبق دستورالعمل سازنده ماده اجرا شود (معمولاً حدود ۵ دقیقه می‌باشد) در غیر این صورت ممکن است مواد نافذ درون نقص نیز شسته شود. این نوع مواد اغلب جهت قطعات حساس‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

بازرسی با مواد نافذ از نوع مرئی و قابل شست‌وشو با آب

بر روی نمونه بازرسی جوشکاری شده در کار شماره ۴ قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز: دستکش، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی و عینک محافظ را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

تجهیزات و مواد مصرفی:

- نمونه ساخته شده در کار شماره ۴
- اسپری تمیزکننده قطعه، اسپری مواد نافذ از نوع مرئی و قابل تمیزکاری با آب و اسپری آشکارساز
- برس سیمی، پارچه تمیزکننده و نیاز به شیر آب، قلم‌مو، مارکر، فرم گزارش

دستور کار:

- ابتدا قطعه را با برس تمیز کرده و جهت چربی‌گیری با اسپری حلال آن را تمیز کنید.
 - سپس با استفاده از یک قلم‌مو که به مواد نافذ آلوده شده، سطح نمونه را با مواد نافذ پوشش دهید.
 - پس از گذشت زمان اسکان (۲۰ دقیقه) قطعه را با آب تمیز کرده و خشک نمایید.
 - ماده آشکارساز را (به‌طور یکنواخت و نازک) بر روی سطح نمونه بپاشید.
 - قطعه را پس از ۵ دقیقه زیر نور معمولی بازرسی نمایید.
 - نقص‌ها را علامت‌گذاری کنید.
 - نتایج را در فرم بازرسی با مواد نافذ گزارش کنید.
- نتایج نمونه بازرسی شده با روش مایع نافذ را با بازرسی چشمی (کار کارگاهی شماره ۴) مقایسه و نتایج را در زیر برگه بنویسید.

فعالیت
کارگاهی ۵



نمونه فرم پر شده گزارش بازرسی با مواد نافذ

فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ Penetrant Testing Report Form			
Employer کارفرما	هنرستان فنی	Report No: شماره گزارش	۱
Dwell time زمان اسکان مایع نافذ	۲۵	date تاریخ	۹۶/۳/۱۸
Penetrant type نوع مایع نافذ	مرئی - قابل شست و شو با آب	Developer نوع آشکارساز	تر - حلال
Part name نام نمونه	جوش لب به لب تخت	Process فرایند ساخت	جوشکاری
Results Scheme			

در بخش زیر یک فرم گزارش بازرسی پر شده با مواد نافذ را مشاهده می کنید.

Item	Code of component کد نمونه	Defect Type نوع نقص	Reject مردود	Accept قبول
۱	۱-P	ترک ستاره ای	✓	—
۲	—	—	—	—
۳	—	—	—	—
۴	—	—	—	—
۵	—	—	—	—

فرم شماره ۱- فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ پر شده

Operator بازرس	Accepted By: تأییدکننده	تاریخ
علی محمدی	محمد رضا زارعی	۹۶/۳/۱۸

فرم پرنشده گزارش بازرسی با مواد نافذ برای کارهای کارگاهی - آزمایشگاهی
این فرم پس از هر بار انجام کار بازرسی P.T باید پر شود.

فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ Penetrant Testing Report Form			
Employer کارفرما		Report No: شماره گزارش	
Dwell time زمان اسکان مایع نافذ		date تاریخ	
Penetrant type نوع مایع نافذ		Developer نوع آشکارساز	
Part name نام نمونه		Process فرایند ساخت	
Results Scheme شکل نمونه			

Item	Code of component کد نمونه	Defect Type نوع نقص	Reject مردود	Accept قبول
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				

فرم شماره ۲- فرم پرنشده گزارش بازرسی با مواد نافذ برای کارهای کارگاهی - آزمایشگاهی

Operator بازرس	Accepted By: تأیید کننده	تاریخ



در شکل زیر یک میل لنگ با روش مواد نافذ بازرسی شده است. شرح مراحل را در مقابل هر عکس بنویسید. نام روش نافذ انجام پذیرفته چیست؟ (.....)

جدول ۱۰

شرح مرحله تست	تصاویر مربوط به مراحل تست	ردیف
		۱
		۲
		۳
تمیزکاری با حلال		۴
		۵
		۶



بازرسی دو مقطع یک شمش

هر دو نفر به عنوان یک گروه می‌توانند در انجام این آزمایش شرکت نمایند.

تجهیزات و مواد مصرفی:

- شمش یا یک لوله توپر از جنس آلومینیوم
- اسپری تمیزکننده قطعه
- اسپری مواد نافذ از نوع قابل شست‌وشو با حلال از نوع مرئی
- اسپری مواد نافذ از نوع قابل شست‌وشو با حلال از نوع فلورسانس
- اسپری آشکارساز
- اسپری حلال مواد نافذ
- پارچه تمیزکننده
- قلم مو
- مارکر
- فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ

دستور کار:

- قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار که شامل ماسک، محافظ چشم و گوش، دستکش، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید:
- ابتدا بخشی از قطعه آلومینیومی را به وسیله برشکاری جدا کنید.
- سطح دو مقطع حاصله را با حلال تمیز کنید.
- با استفاده از یک قلم مو، یک سطح آماده شده را با ماده نافذ از نوع قابل شست‌وشو با حلال از نوع مرئی، پوشش دهید.
- در مرحله بعد نمونه دوم را با استفاده از قلم مو و مواد نافذ از نوع قابل شست‌وشو با حلال و از نوع فلورسانس پوشش دهید.
- پس از گذشت زمان اسکان (۱۰ دقیقه) قطعه را با استفاده از پارچه مناسب و حلال تمیز کنید و خشک نمایید.
- ماده آشکارساز را بر روی سطح نمونه بپاشید.
- قطعات را پس از ۵ دقیقه زیر نور معمولی و فرابنفش بازرسی نمایید.
- نقص‌ها را علامت‌گذاری کنید.
- نتایج را در فرم بازرسی با مواد نافذ گزارش کنید.
- آیا تفاوت محسوسی در این دو نوع بازرسی مشاهده کردید در فرم بنویسید.



ویژگی‌های ذکر شده مواد نافذ در جدول را، در ستون مربوطه با علامت ضربدر مشخص کنید.

جدول ۱۱

ویژگی Specification	مایع نافذ مرئی Visible penetrants	مایع نافذ فلورسنت Fluorescent Penetrants
برای انجام تست به نور معمولی نیاز دارد.		
برای انجام تست به نور فرا بنفش نیاز دارد.		
در هنگام تست، محیط باید تاریک باشد.		
در هنگام تست، محیط باید روشن باشد.		
برای تست قطعات حساس مورد استفاده قرار می‌گیرد.		
مایع نافذ به صورت قرمز رنگ است.		
رنگ مایع نافذ فسفری است.		

آشکارسازها (Developers)

پس از تمیزکاری مواد نافذ از روی سطح نمونه و خشک کردن آن باید از آشکارساز استفاده شود. نقش آشکارساز بیرون کشیدن مواد نافذ حبس شده در نقص به سطح نمونه و پخش آن روی سطح می‌باشد. آشکارساز به خاطر داشتن رنگ سفید می‌تواند زمینه خوبی برای نشان دادن نقص رنگی حاصل از مواد نافذ باشد. لذا باعث افزایش دید و وضوح می‌گردد.

انواع آشکارساز

آشکارساز خشک (Dry Developer)

معمولاً این نوع آشکارساز به صورت پودر تولید می‌شود. این نوع آشکارساز بایستی روی قطعات خشک اعمال گردد، اما از حساسیت لازم برای بازرسی قطعات حساس برخوردار نمی‌باشد.

آشکارساز تر (Wet Developer)

این نوع آشکارساز پس از مرحله زدودن مواد نافذ اعمال می‌گردد. ممکن است از نوع محلول در آب و یا به صورت معلق در آب باشد. این نوع آشکارساز برای قطعات حساس توصیه نمی‌شود. این نوع آشکارساز معمولاً در خطوط بازرسی با مواد نافذ و به صورت مخزنی استفاده می‌شود. قطعات در مایع آشکارساز غوطه‌ور و پس از خشک کردن بازرسی می‌گردند.

آشکارساز تر با پایه حلال (Wet Solvent Developer)

این نوع آشکارساز از حساسیت بیشتری نسبت به انواع ذکر شده فوق می‌باشد. سریع‌تر خشک می‌شود و برای هر دو نوع ماده نافذ از نوع مرئی و فلورسانس موجود می‌باشد. در جدول زیر انواع آشکارساز را مشاهده می‌کنید.

جدول ۱۲- انواع آشکارساز

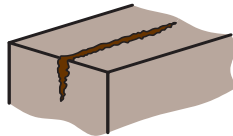
	آشکارساز پودر خشک	۱
	آشکارساز حل شده در آب	۲

	<p>آشکارساز معلق در آب</p>	<p>۳</p>
	<p>آشکارساز با پایه غیر آبی یا حلال</p>	<p>۴</p>

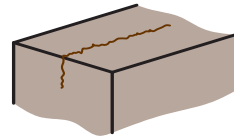
بازرسی (Inspection)

پس از گذشتن زمان ماندگاری ماده آشکارساز روی نمونه مورد بازرسی قرار می‌گیرد. قطعه بستگی به نوع ماده نافذ استفاده شده (مرئی یا فلورسانس) در زیر نور مناسب قرار گرفته و مورد بازرسی قرار می‌گیرد. نواقص شناسایی شده بر روی نمونه با مارکر علامت‌زنی شده و نتایج بازرسی در فرم مربوطه ثبت می‌گردند.

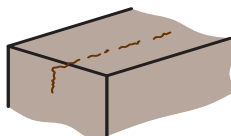
علائم نقص در بازرسی با مواد نافذ ممکن است نواقص به صورت گرد یا خطی مشاهده شوند. عیوب حفره‌ای معمولاً به صورت گرد دیده می‌شوند. ترک و سایر نواقص مشابه به صورت خطی یا منقطع دیده می‌شوند. در شکل‌های زیر چگونگی نواقص را در مرحله بازرسی مشاهده می‌کنید.



ترک نسبتاً باز



ترک با پهنای بسیار کم (بسته)



نقص نیمه بسته

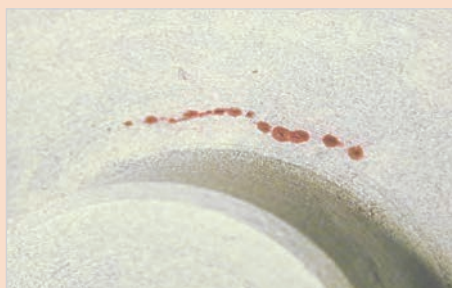


نواقص ریز و درشت گرد

در شکل‌های زیر تصاویر واقعی از ترک طولی و عرضی کم عمق، حفره یا تخلخل و ترک سراسری عمیق را مشاهده می‌کنید.



ترک‌های طولی و عرضی کم عمق



تخلخل



ترک سراسری نسبتاً عمیق

شکل ۱۱- انواع نقص

نشانه‌های نامربوط

ممکن است نشانه‌هایی را بر روی نمونه ببینیم که در واقع نقص نباشند. در داخل رزوه و شیرها یا بر روی قطعه ممکن است به علت تمیزکاری ضعیف علائم نامربوط دیده شود. چنانچه مجدداً این نشانه‌ها را پس از تمیزکاری با پارچه و استفاده از آشکارساز مشاهده نکنیم، علائم نامربوط می‌باشند.

کار کلاسی



مشخص نمایید کدام یک از عوامل قید شده در جدول زیر در بروز علائم غیرمرتبط، تأثیرگذار نمی‌باشد.

جدول ۱۳

تأثیر		متغیرات
ندارد	دارد	
		عدم تمیزکاری و برداشتن اکسیدهای سطحی و لکه‌های چربی
		استفاده از مایع نافذ زیاد بر روی سطح
		باقی ماندن ماده نافذ درون رزوه و شیر
		آغشته بودن دست بازرس به مایع نافذ در هنگام بازرسی

مزایا و محدودیت‌های بازرسی با مایعات نافذ

بازرسی با مایعات نافذ دارای مزایا و محدودیت‌های می‌باشد که در جدول ۱۴ آورده شده است.

جدول ۱۴

محدودیت بازرسی با مایعات نافذ (Disadvantages)	مزایای بازرسی با مایعات نافذ (Advantages)
فقط می‌تواند ناپیوستگی‌هایی که به سطح راه دارند را شناسایی کنند.	این روش بازرسی حساسیت زیادی به ناپیوستگی‌های ریز سطحی دارد.
موادی که ساختار متخلخل داشته باشند را نمی‌توان بازرسی کرد.	بازرسی انواع فلزات آهنی و غیر آهنی و سایر مواد
مضر برای چشم و پوست	ارزان
عیب بزرگ‌تر از حد واقعی نشان داده می‌شود.	توانایی در بازرسی سطوح پیچیده
باقی ماندن مواد نافذ روی قطعات ممکن است ایجاد خوردگی کند.	نسبتاً آسان و قابل حمل



مراحل انجام بازرسی مایعات نافذ با تصاویر واقعی در جدول ۷ آمده است، قسمت های خالی را پر کنید.

جدول ۱۵

ردیف	عنوان مرحله تست	تصویر انجام مراحل تست	هدف انجام این مرحله	روش انجام
۱	تمیز کردن سطح نمونه			تمیزکاری مکانیکی، شیمیایی یا آب و صابون
۲			نفوذ مایع درون ناپیوستگی های احتمالی	اسپری کردن روش غوطه وری استفاده از قلم مو
۳	زمان اسکان			به کمک زمان سنج
۴	حذف مایع نافذ اضافی			- شست و شو با حلال - با استفاده از آب - شست و شو با آب بعد از معلق سازی
۵	اعمال آشکارساز			آشکارساز تر یا خشک
۶			بررسی علائم ظاهر شده در مرحله آشکارسازی	- با چشم غیر مسلح - با استفاده از ذره بین - با استفاده از نور فرابنفش - یادداشت در فرم های مخصوص



با توجه به جدول ۱۵ اعداد جلوی تصاویر را در محل مناسب در ردیف اول قرار دهید.



جدول فعالیت ۱۶

	<p>۱ آشکارسازی از مراحل تست مایعات نافذ می باشد، این مرحله سبب بیرون کشیدن مایع نفوذ کرده به درون عیب می شود.</p>
	<p>۲ تمیزکاری ابتدای انجام بازرسی باعث پاک شدن آلودگی ها از روی سطح قطعه شده و امکان نفوذ مایع نافذ به درون عیب را برای مایع نافذ فراهم می کنند.</p>
	<p>۳ پوشش های سطحی بر روی قطعات سبب بسته شدن دهانه عیوب شده و از نفوذ ماده نافذ به درون قطعات جلوگیری می کنند.</p>
	<p>۴ بازرسی غیرمخرب یکی از روش های کنترل کیفیت می باشد که بدون آسیب رساندن به قطعات می تواند از سالم بودن یا معیوب بودن ما را آگاه سازد.</p>
	<p>۵ دومین مرحله از تست مایعات نافذ اعمال (Penetrant) بر روی سطح قطعه کار می باشد که می تواند به صورت اسپری یا با کمک قلم مو یا روش غوطه وری قطعه به درون مایع نافذ انجام شود.</p>



در جدول ۱۷ کدام تصویر از مزایا و کدام تصویر از محدودیت روش بازرسی با مواد نافذ را نشان می‌دهد؟

جدول ۱۷

۱	۲	۳
		
بازرسی مواد متخلخل	نشان دادن یک ترک بسته	نشان دادن فقط عیوب سطحی

مواد قابل بازرسی با مایعات نافذ

به غیر از مواد متخلخل یا موادی که مایع نافذ در آن خوردگی ایجاد کنند، اکثر مواد را می‌توان با این روش بازرسی نمود.



الف) در جدول زیر تعدادی از مواد آورده شده است تعیین کنید کدام مواد قابلیت بازرسی با روش مواد نافذ را دارد و کدام یک ندارد؟

جدول ۱۸

نام مواد	قابلیت P.T
فلزات (آلومینیوم، مس، استیل تیتانیوم،...)	
شیشه	
پلاستیک‌ها	
سفال	
چوب	

ب) کدام یک از عیوب مندرج در جدول زیر قابلیت بازرسی با روش P.T را دارد؟

جدول ۱۹

قابلیت بازرسی	Defects	عیوب
	Surface cracks	انواع ترک‌های سطحی
	Porosity	حفره و تخلخل سطحی در جوش
	Under cut	برش کناره جوش
	Hi-low	عدم هم ترازی
	Under bead crack	ترک‌های زیر سطحی

فعالیت
کارگاهی ۷



بازرسی با مواد نافذ دو نمونه از ورق جوشکاری شده چدنی با حالت تخت هدف: مقایسه کارایی مواد نافذ مرئی و فلورسانس در شناسایی ترک‌های حاصل از سنگ‌زنی

- تجهیزات و مواد مصرفی
- دو عدد ورق چدنی به ابعاد تقریبی $12 \times 5 \times 1$ سانتی‌متر و الکتروود جوشکاری شماره ۴ با چدن.
- اسپری تمیزکننده قطعه
- اسپری مواد نافذ از نوع مرئی و فلورسانس قابل تمیزکاری با حلال یا آب (هر دو از یک نوع باشند)
- اسپری آشکارساز مربوطه
- اسپری حلال مواد نافذ در صورت نیاز
- پارچه تمیزکننده
- قلم مو
- مارکر
- فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ

دستور کار:
توجه: قبل از شروع به کار از تجهیزات ایمنی و پوشش لازم استفاده کنید.

- ابتدا دو قطعه موجود را در کنار هم مونتاژ کنید. (با رعایت مسایل ایمنی و پوشش مناسب)
- سپس قطعه را با راهنمایی هنرآموز خود جوشکاری کنید. (بدون رعایت پیش گرم)
- پس از سرد شدن نمونه، سطح جوشکاری شده آن را با استفاده از دستگاه سنگ زن با سطح فلز پایه صاف و هم تراز کنید.
- سپس آن را از قسمت عرض به دو نمونه مساوی تقسیم و برش بزنید.
- هر دو قطعه را با حلال تمیز کنید.
- سپس با استفاده از یک قلم مو، مواد نافذ مرئی را به سطح آماده شده یکی از نمونه‌ها آماده اعمال کنید.
- در مرحله بعد سطح نمونه دوم را با مواد نافذ فلورسانس با یک قلم موی دیگر پوشش دهید.
- پس از گذشت زمان اسکان (۱۰ دقیقه) قطعات را با استفاده از روش مناسب تمیز و خشک نمایید.
- ماده آشکارساز را بر روی هر دو سطح نمونه بپاشید.
- قطعات را پس از ۵ دقیقه یکی را زیر نور معمولی و دیگری را زیر نور ماورای بنفش بازرسی کنید.
- نقص‌ها را علامت گذاری کنید.
- نتایج را در فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ گزارش کنید.
- آیا تفاوت محسوسی در شناسایی نقص‌ها (از نظر اندازه) در دو نمونه بازرسی شده با مواد نافذ مرئی و فلورسانس مشاهده کردید؟ توضیح دهید.

انتخاب نوع روش بازرسی با مواد نافذ

(Selection of a penetrant testing technique)

- مسئله مهم در بازرسی مایعات نافذ درست انتخاب کردن روش بازرسی است. عوامل مؤثر در انتخاب یک روش عبارت‌اند از:
- حساسیت مورد نیاز کار
 - تعداد قطعات و حجم قطعات
 - چگونگی سطح (زبر یا صاف)



با توجه به جدول ۲۰ برای هریک از موارد جدول ۲۱ تکنیک مناسب بازرسی را انتخاب کنید.

جدول ۲۰

مواد نافذ فلورسانس قابل شست‌وشو با آب	مواد نافذ مرئی قابل شست‌وشو با آب
مواد نافذ فلورسانس قابل شست‌وشو با حلال	مواد نافذ مرئی قابل شست‌وشو با حلال
مواد نافذ فلورسانس قابل شست‌وشو پس از تعلیق‌سازی	مواد نافذ مرئی قابل شست‌وشو پس از تعلیق‌سازی

جدول ۲۱

پیشنهاد تکنیک مناسب بازرسی	نوع فعالیت	ردیف
	قطعات فولادی جوشکاری با سازه معمولی اما سطوح پیچیده	۱
	جوشکاری مخازن تحت فشار	۲
	بازرسی از دو قطعه نسبتاً کوچک بر روی یک دستگاه در حال سرویس‌دهی با حساسیت کم	۳

مایع نافذ قابل شست‌وشو با آب Water-Washable	مایع نافذ Penetrant	۱
مایع نافذ قابل شست‌وشو با حلال Removable Solvent		
مایع نافذ معلق شونده سپس قابل شست‌وشو با آب Post-Emulsifiable		
امولسیون ساز ماده نافذ	آشکارساز Developer	۲
آشکارساز پودر خشک Dry Powder		
آشکارساز با پایه حلال Solvent Developer	تمیزکننده حلال Solvent Remover	۳
حلال پایه نفتی		

مواد و تجهیزات مورد نیاز برای انجام تست با مایعات نافذ

در جدول زیر لیست تجهیزات مورد نیاز جهت آماده‌سازی یک آزمایشگاه کوچک بازرسی آورده شده است.

جدول ۲۲

تجهیزات	
ذره بین	با بزرگنمایی ۱۰ برابر
چراغ فرابنفش	برای انجام آزمایش با مایعات نافذ فلورسنت
ماژیک مخصوص علامت گذاری	برای مشخص نمودن محل عیوب کشف شده
چراغ قوه	برای بررسی دقیق تر موضعی نقص
دستگاه سنجش شدت فرابنفش	برای تست نور فرابنفش مورد استفاده در بازرسی با مایعات فلورسنت
خط ثابت بازرسی	در صورت زیاد بودن نمونه‌ها و تولید سری
وسایل تمیزکاری	برای پاک کردن مواد نافذ از روی سطح قطعه

۴

نکته



در هنگام خریداری مواد نافذ دقت شود که این مواد از شرکت‌های معتبر که دارای کدهای استاندارد می‌باشند، خریداری شوند.

فعالیت

کارگاهی ۸



تولید نمونه جوشکاری شده دارای چاله جوش، در وضعیت تخت هر دو نفر به‌عنوان یک گروه می‌توانند در انجام این آزمایش شرکت نمایند. هدف: ایجاد نقص چاله جوش پر نشده و تشخیص ترک ستاره‌ای با انجام آزمایش مایعات نافذ.



دستور کار:

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای جوشکاری و برشکاری که شامل ماسک جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید:

تجهیزات فنی:

دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده همراه حفاظ ایمنی مناسب - تجهیزات برشکاری

مواد مورد نیاز:

■ الکتروود E۶۰۱۳ با قطر ۴ میلی‌متر - دو تکه قطعه فولادی با ضخامت ۶ یا ۱۰ میلی‌متر

با طول ۱۰۰ میلی‌متر و عرض ۳۰ میلی‌متر یا بیشتر.

■ ابتدا دو قطعه را با یک گیره دستی کنار هم قرار دهید، سپس جوشکاری را بر روی قطعه اصلی انجام دهید.

در انتهای کار، جوشکاری را به حالتی که چاله جوش ایجاد شود به پایان برسانید:

● در حالی که چاله جوش پر نشده است بدون مکث جوشکاری را قطع کنید.

● از جوشکاری به عقب پرهیز نموده تا چاله جوش ایجاد شود.

● قطعه را در آب سرد خنک کنید.

■ قطعه را پس از تمیزکاری با روش مایع نافذ از نوع قابل شست و شو با حلال بازرسی کنید.

الف) دیاگرام شاخه‌ای از بازرسی انجام پذیرفته را رسم و مراحل کامل بازرسی را در آن ثبت کنید.

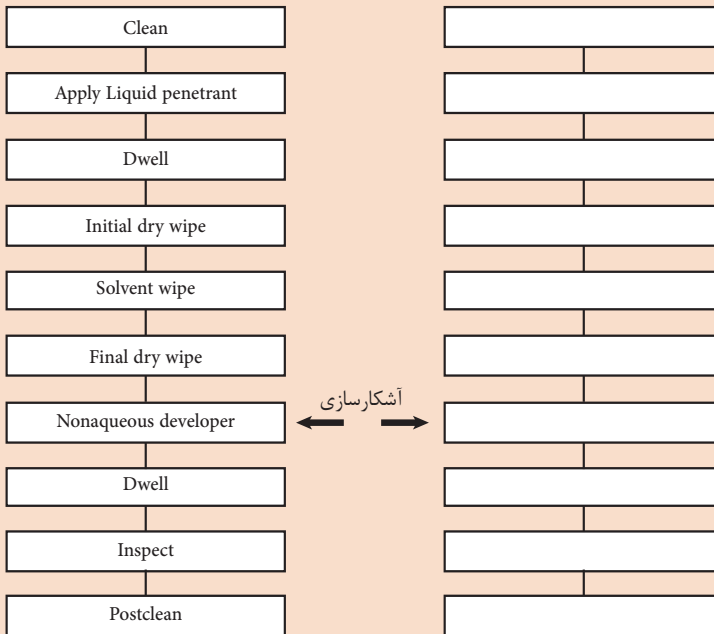
(یک نمونه دیاگرام در همین بخش موجود می‌باشد)

ب) نتایج بازرسی را با کشیدن تصویر نمونه و شکل نقص در فرم گزارش ثبت کنید.

ج) اندازه ترک‌ها را مشخص کنید.

Solvent removable Liquid
penetrant process.

فرایند تست مایعات نافذ با حلال مخصوص



دیاگرام مراحل بازرسی با مواد نافذ از نوع قابل شست و شو با حلال