

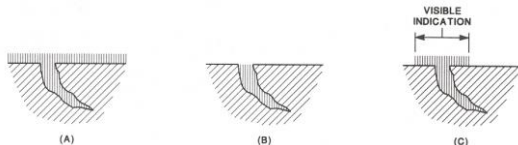
آزمون مایع نافذ Liquid Penetrant Testing (PT)

مدرس: دکتر فرهنگ هنرور
گروه ساخت و تولید
دانشکده مهندسی مکانیک
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

اصول کلی

- ترک فنجان جای و قهوه، ترک سیمان سطح پیاده رو
- تاریخیچه (استفاده از دوده، پودر گچ و نفت)
- یکی از قدیمی ترین روش های غیرمخرب
- رایج ترین آزمون غیرمخرب در صنعت
- فقط عیوب سطحی
- نسبتاً زمان بر
- حساسیت زیاد نسبت به عیوب سطحی
- انجام بازرسی به جنس ماده بستگی ندارد ولی مواد زبر و متخلخل با این روش قابل بازرسی نیستند.

اصول کلی انجام



- A:** اعمال مایع نافذ و نفوذ آن در ترکها در اثر خاصیت مویبگی
B: تمیز کردن مایع از روی سطح
C: اعمال ماده آشکارساز و به سطح آمدن مایع نافذ در اثر خاصیت مویبگی

چرا PT؟

- با PT مشاهده عیوب آسانتر می شود زیرا:
 1. نشانه حاصل از PT آسانتر از خود عیب قابل مشاهده است.
 2. اختلاف رنگ ناحیه معیوب با زمینه (contrast) بسیار بالاست.

خاصیت ترکنندگی (wetting)

Wetting is the ability of a liquid to maintain contact with a solid surface, resulting from intermolecular interactions when the two are brought together. The degree of wetting (wettability) is determined by a force balance between adhesive and cohesive forces.

ترکنندگی توانایی مایع در حفظ تماس با یک سطح جامد است که ناشی از برهمکنش مولکولهای آن‌ها حین تماس است. درجه ترکنندگی بر اساس نسبت نیروهای چسبندگی (adhesive) موجود بین جامد و مایع و نیروهای پیوستگی (cohesive) بین مولکولهای مایع بیان می‌شود.

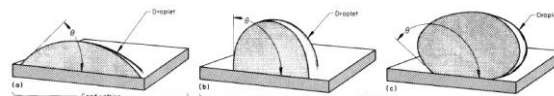


Fig. 1 Wetting characteristics as evaluated by the angle, θ , between a droplet of liquid and a solid surface. Good wetting is obtained when $\theta < 90^\circ$ (a), poor wetting, when $\theta = 90^\circ$ (b) and (c).



(a)



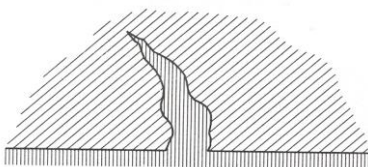
(b)

FIGURE 4-1 Demonstration of capillary action. (All illustrations in this chapter courtesy C. J. Hellier.) (a) Glass panes clamped together. (b) Visible color contrast penetrant applied to edge of panes.



خاصیت موینگی (capillary action)

خاصیت موینگی مستقل از جاذبه است و اگر ترک سربالا هم باشد، مایع نافذ می‌تواند در آن نفوذ کند. البته نیروی جاذبه می‌تواند به نفوذ کمک نموده و یا آنرا مشکل‌تر سازد.



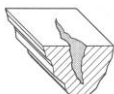
آلودگی های سطحی قطعه

- گرد و خاک
- زنگ زدگی
- پوسته شدگی سطح
- خوردگی
- گریس و روغن
- آب
- رنگ
- پوششهای سطحی محافظ

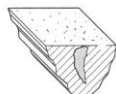


تمیز کردن سطح

- سطح قطعه به روشهای زیر تمیز نشود:
 - سند بلاست
 - بورس سیمی
 - ماشینکاری سطح
 - سنگ زدن سطح
 - هر روش دیگری که موجب بسته شدن ترک گردد.



(A)



(B)

اچ کردن با اسید بعد از اعمال روشهای فوق میتواند انجام PT را ممکن سازد.



مراحل انجام PT

مراحل زیر برای انجام PT باید دنبال شود:

1. آماده سازی و تمیز کردن سطح
2. اعمال مایع نافذ
3. زمان لازم برای نفوذ مایع در نظر گرفته شود (dwell time)
4. برداشتن مایع اضافی از روی سطح
5. اعمال ماده آشکارساز
6. زمان لازم برای ظاهر شدن عیوب
7. بازرسی و تفسیر نشانه های ظاهر شده
8. تمیز کردن سطح بعد از بازرسی



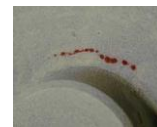
روشهای تمیز کردن سطح

- محلولهای قلیایی
- پاک کردن روغن با بخار (vapor degreasing)
- بخار با فشار (steam) یا آب با فشار
- استفاده از حلالها
- اچ کردن با اسید
- استفاده از روشهای مکانیکی
- استفاده از تمیز کننده های رنگ
- تمیز کردن به روش فراصوتی (ultrasonic)
- استفاده از مواد شوینده



انواع مایع نافذ

- نوع I: فلورسنت (fluorescent).....سبز یا زرد زیر نور UV
- نوع II: مرئی (visible).....قرمز رنگ
- نوع III: دو منظوره (هم مرئی و هم فلورسنت)





روشهای اعمال مایع نافذ



- فروبردن قطعه در مایع نافذ
- ریختن مایع بر روی قطعه
- اسپری کردن مایع بر روی قطعه
- اعمال مایع بر روی قطعه با برس



زمان نفوذ مایع نافذ

- پس از اعمال مایع نافذ باید زمان برای نفوذ مایع در ترک ها در نظر گرفته شود.
- هر چه ترک ها ریزتر باشند، زمان بیشتری باید در نظر گرفت.
- زمان لازم برای نفوذ مایع به حساسیت مایع نافذ نیز بستگی دارد.
- حرارت محیط و قطعه نیز بر زمان نفوذ موثر است.
- داغ بودن سطح ممکن است موجب بخار شدن مایع گردد.
- زمان نفوذ معمولاً بین ۵ تا ۳۰ دقیقه است.



دسته بندی مواد نافذ

- نوع A: قابل شستشو با آب (water washable)
- نوع B: آبشونده لیپوفیلیک (lipophilic, post-emulsified)
- نوع C: قابل شستشو با حلال (solvent removable)
- نوع D: آبشونده هیدروفیلیک (hydrophilic, post-emulsified)



PT



Penetrant Removal



Emulsification





ماده آشکارساز

- (a) خشک (dry powder)
- (b) تر - محلول در آب (water soluble)
- (c) تر - معلق در آب (water suspendable)
- (d) تر - غیر آبی (non-aqueous)

○ بین ۱۰ دقیقه تا ۲ ساعت برای آشکارسازی لازم است.

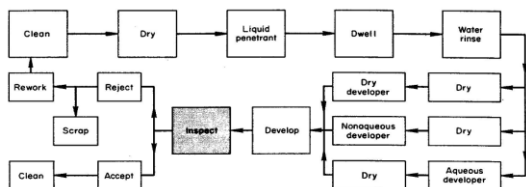


دسته بندی مواد نافذ

PENETRANT	TYPE
I	Fluorescent
II	Visible
III	Fluorescent/Visible
METHOD	
A	Water washable
B	Post emulsifiable, lipophilic
C	Solvent removable
D	Post emulsifiable, hydrophilic
DEVELOPER	FORM
a	Dry powder
b	Wet, water soluble
c	Wet, water suspendable
d	Wet, non-aqueous
SYSTEM	LEVEL
	1/2
	1
	2
	3
	4
	Low sensitivity
	High sensitivity



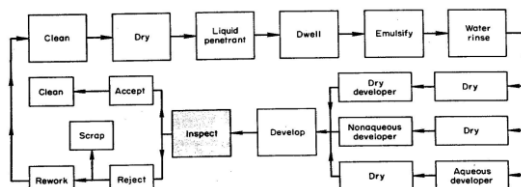
قابل شستشو با آب



Processing flow diagram for the water-washable liquid penetrant system



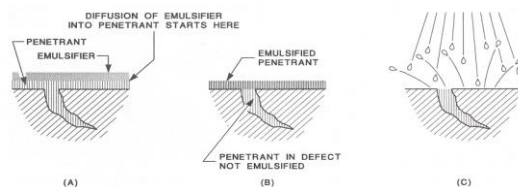
آبشوینده - لیپوفیلیک



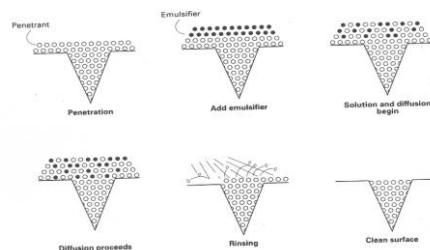
Processing flow diagram for the postemulsifiable, method B, lipophilic liquid penetrant system



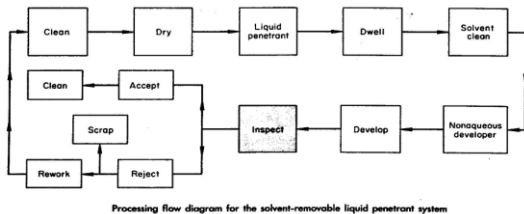
اعمال آبشوینده



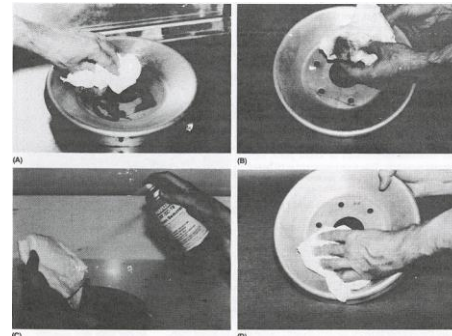
آبشوینده لیپوفیلیک



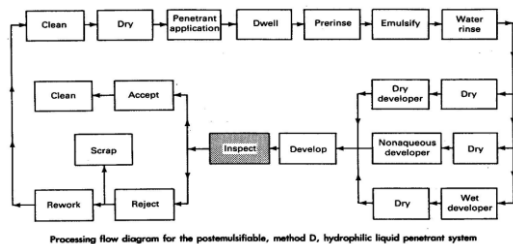
قابل شستشو با حلال



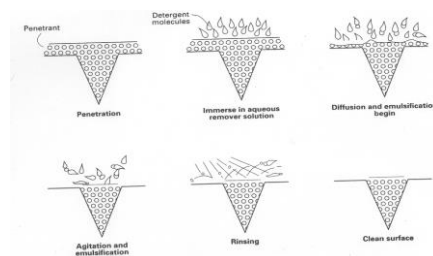
مایع نافذ قابل شستشو با حلال



آبشونده - هیدروفیلیک



آبشونده هیدروفیلیک



لامپ فرابنفش (UV)

For UV lights used in component evaluations, the normally accepted intensity is $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ when measured at 40 cm from the filter face (can vary from 800 to $1200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$).



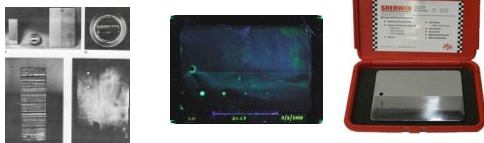
انواع مختلف نشانه ها

- نشانه های غلط (False Indications) - مثل اثر انگشت و ...
- نشانه های نامربوط (Irrelevant Indications) - اثراتی که وجود آنها توجیه پذیر است
- نشانه های مربوط (Relevant Indications) - که عیوب واقعی را نمایش میدهند.



ارزیابی آزمون

The most commonly used test specimen is the **TAM** or **PSM** panel. These panels are usually made of stainless steel that has been chrome plated on one half and surfaced finished on the other half to produce the desired roughness. The chrome plated section is impacted from the back side to produce a starburst set of cracks in the chrome. There are five impacted areas to produce a range of crack sizes.



TAM or PSM plate



مزایای PT

- حساسیت زیادی به عیوب سطحی کوچک دارد
- تقریباً محدودیتی از نظر جنس قطعه ندارد
- سطوح بزرگ و تعداد زیاد قطعات با هزینه کم و با سرعت زیاد قابل بازرسی هستند
- قطعات با شکل پیچیده را می توان بازرسی کرد
- نشانه ها بر سطح قطعه ظاهر شده و تفسیر آنها ساده است
- قابل حمل و در دسترس است
- تجهیزات و مواد لازم برای آزمون نسبتاً ارزان است

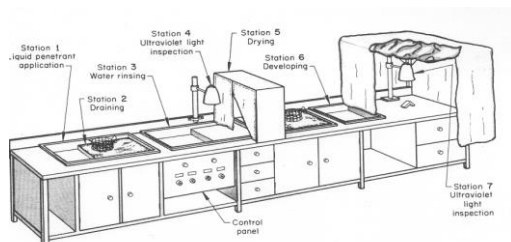


محدودیت های PT

- فقط عیوب سطحی قابل بازرسی هستند
- سطح قطعه باید غیرمتخلخل باشد.
- قبل از انجام تست باید تمیزکاری انجام شود
- سطح قطعه باید قابل دسترسی باشد
- صافی و پرداخت سطح در حساسیت آزمون تأثیرگذار است
- در انجام آزمون لازم است چند مرحله فرایند انجام شود (زمان بر است)
- نیاز به تمیزکاری بعد از انجام تست
- لزوم کار با مواد شیمیایی و استفاده درست از آنها (مضر بودن)



ایستگاه هفت مرحله ای PT



زمان نفوذ (dwell time)

Source	Form	Discontinuity	Dwell-Time-for-Water-Washable (minutes)	Dwell-Time-for-Post-Emulsifiable (minutes)
Military Technical Order-33B-1-1	Castings Extrusions/Forgings Welds	Porosity	5 to 10	10
		Cold Shuts	5 to 15	10
		Laps	*NR	10
		Lack of Fusion	30	20
		Porosity	30	20
ASME-Boiler and Pressure Vessel-Code	Castings Extrusions/Forgings Welds	Fatigue Cracks	*NR	30
		Porosity	30	
		Cold Shuts	30	
		Laps	60	
		Lack of Fusion	60	
ASTM-E-1209/E-1210	Castings Extrusions/Forgings and Plate Welds	Porosity	5	5
		Cold Shuts	5	5
		Laps/Cracks	10	10
		Lack of Fusion	5	5
		Porosity	5	5
All	Cracks	5	5	

*NR-Not a recommended method of evaluation.