

به نام خدا



# مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)



# بررسی غیر مخرب NDT

## مهدی عزیزی

### پیشگفتار:

نوشتار زیر مطالبی سطحی و بسیار پراکنده در مورد روشهای بازرسی و بررسی غیرمخرب می باشد که در حد یک درس دو واحدی کارشناسی می باشد. مرجع اصلی درس کتاب **آزمونهای غیرمخرب** نوشته آقای **رضا خودسیانی** و ویرایش استاد ارجمند جناب آقای **پروفسور منصور فرزام** (دانشگاه صنعت نفت آبادان) میباشد. این کتاب را می توان به عنوان کاملترین کتاب در زمینه آزمونهای غیرمخرب به زبان فارسی دانست که ناشر آن (شرکت ملی گاز ایران) سخاوتمندانه در شبکه اینترنت قرار داده و برای همگان قابل دسترس می باشد. با این امید که ما هم در گسترش علوم کمی سخاوتمند باشیم، در انتها از آقای یوسف حمودی سبهبانی که زحمت ویرایش این نوشتار را تقبل نمودند کمال تشکر را دارم.

مهدی عزیزی

زمستان ۱۳۹۲

### مقدمه :

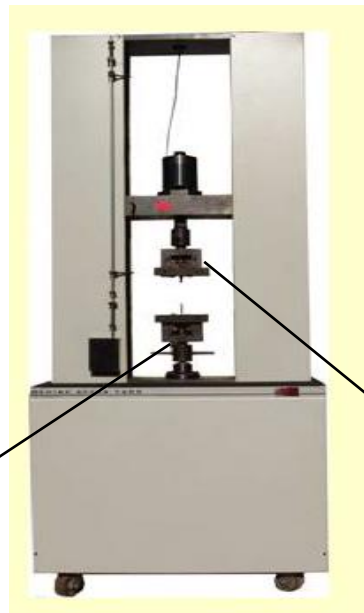
آزمونها و یا بازرسی قطعات صنعتی به دو صورت مخرب (DT) و غیر مخرب (NDT) انجام میگردد. در تست های مخرب پس از انجام آزمون امکان استفاده از نمونه به دلیل تخریب وجود ندارد. همچنین در این دسته از آزمونها هیچگاه تماس قطعات مورد بررسی قرار نمیگیرد و در صد قطعات بررسی شده، طبق استاندارد ساخت و یا بازرسی قطعات، مختلف و متفاوت است.

### انواع آزمون های مخرب:

#### ۱) آزمون کشش:

مهمترین آزمون مخرب آزمون کشش است. هدف از آزمون کشش بررسی تنش تسلیم و استحکام کششی، ازدیاد طول، درصد کاهش سطح مقطع میباشد. استاندارد اصلی این آزمون ASTM E8 میباشد. نمونه ساخته شده میتواند به صورت تخت و یا دمبلی بوده و همچنین در مواد ترد از نمونه های دو گلوئی استفاده میشود. مهمترین نکته در نمونه سازی طول و قطر سنج میباشد. از روی طول اولیه سنج و طول نهایی آن پس از شکست نمونه و میزان ازدیاد طول محاسبه میشود. دستگاه کشش شامل دو فک است که قطعه

درون ان قرار گرفته و با سرعت مشخص قطعه را تحت بار کششی قرار میدهد و همچنین درون فک ها اندازه گیری نمونه اعمالی توسط loud cell صورت میگیرد. همواره چون نتایج شکست کشش حتی برای نمونه های یکسان, کمی اختلاف دارند و همیشه تعداد نمونه ها از یک نمونه بیشتر خواهد بود.



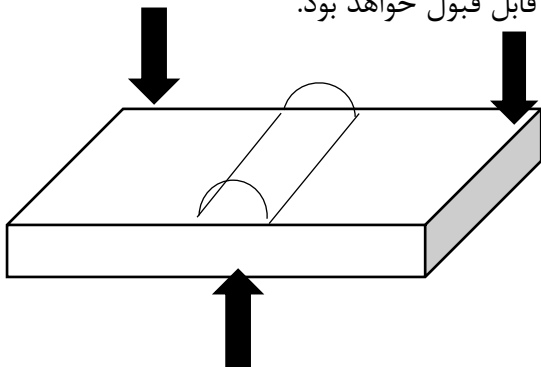
فک پایین که ثابت است

" دستگاه آزمون کشش "

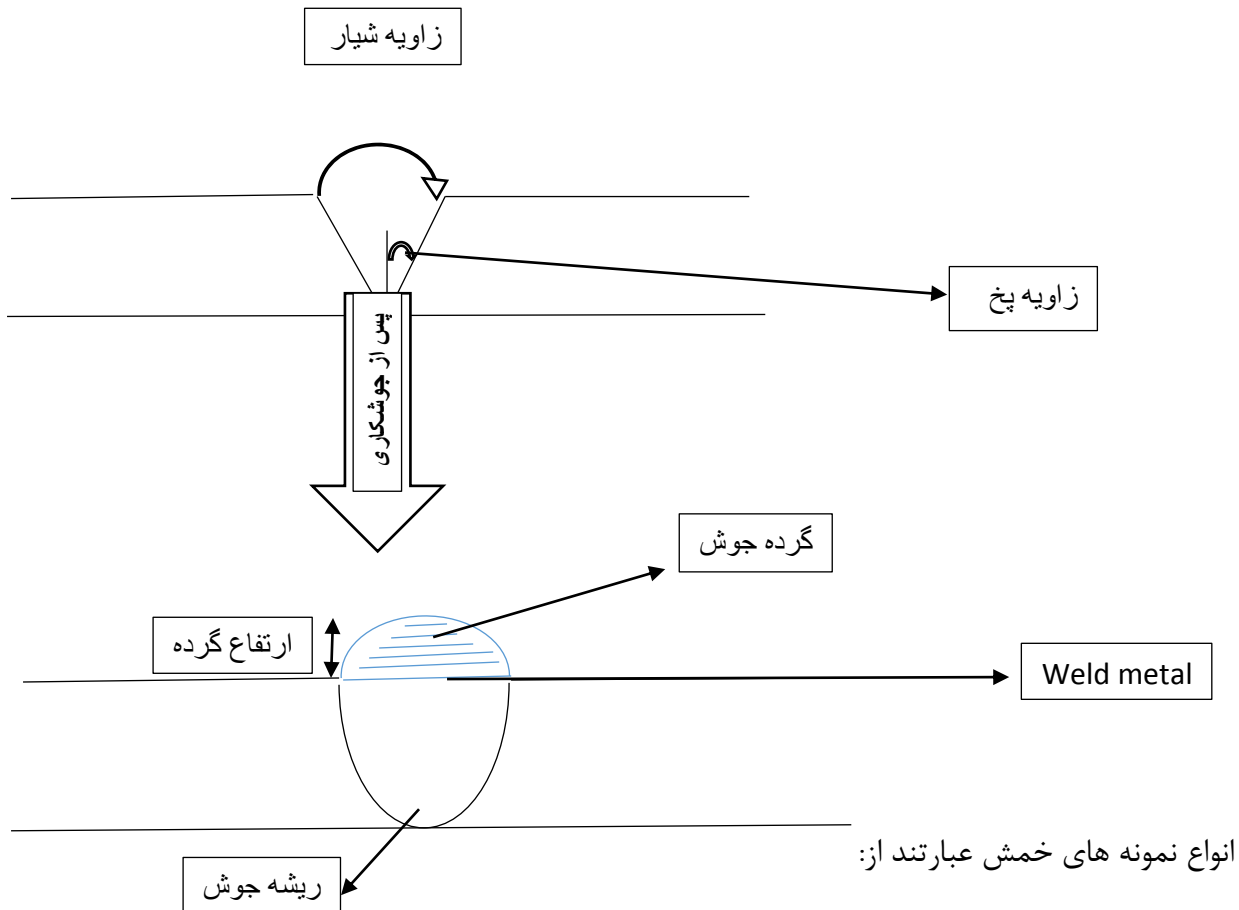
فک بالا که متحرک است

## ۲) آزمون خمش Band Test :

نوع این آزمون کیفی بوده و مانند آزمون کشش کمی نیست. این آزمون معمولا به صورت ۳ نقطه ای انجام میشود . این آزمون کیفی بوده بعبارت دیگر نتیجه آزمون همچون آزمایش کشش عدد و رقم نمیباشد و معمولا پس از آزمون خمش , نمونه برای پیدا کردن عیوب تحت آزمون غیر مخرب مانند آزمون چشمی, مایع نافذ, مغناطیس و .... قرار میگیرد و با توجه به ان که طول ترک ایجاد شده کمتر و یا بیشتر از حد پذیرش باشد به روش جوشکاذی و یا ساخت , قابل قبول و غیر قابل قبول خواهد بود.



نکته: طراحی جوش



(۱) اگر بعد از خمش، جوش بالا باشد به آن خمش رویه گویند.

(۲) اگر بعد از خمش، جوش پایین باشد به آن ریشه جوش گویند.

(۳) و در حالت سوم ممکن است بعد از جوش، خمش کناری باشد.

### ۳) آزمون سختی Hardness Test:

این آزمون به دو دسته غیر مخرب و مخرب تقسیم بندی می شود:

#### الف) غیر مخرب:

در آزمون سختی غیر مخرب با استفاده از یک دستگاه قابل حمل که از میزان برگشت ساچمه ی رها شده از ارتفاع به سختی حدودی نمونه پی می بریم و همچنین در این ردش نیاز به نمونه برداری و حمل نمونه به آزمایشگاه وجود ندارد.

**ب) مخرب:**

آزمون های سختی مخرب به دو دسته آزمون های اتومات که گزارش دهی عدد سختی توسط خود دستگاه صورت می گیرد مانند راکول و آزمون هایی هستند که نیاز به دیدن اثر سختی و محاسبه عدد سختی دارند.

**(۴) آزمون ضربه:**

در این آزمون چقرمگی ماده تحت سرعت ضربه بالا محاسبه میشود بطوریکه یک پاندول از ارتفاع مشخصی شده آزاد شده و با شکست نمونه در ارتفاعی قرار میگیرد. اختلاف ارتفاع اولیه و ثانویه میزان انرژی شکست می باشد. پس هر چه اختلاف ارتفاع کمتر باشد زودتر می شکند و ماده تردتر می باشد. آزمون ضربه دارای یک نمونه ناچ دار می باشد به صورتی که در تمامی نمونه ها شکست دقیقا از محل ناچ اتفاق می افتد که ناچ دار بودن نمونه ها دو دلیل دارد که دلایل آن عبارتند از:

(۱) آزمون ضربه دارای خطای بسیار بالایی است و در واقع بالاترین خطا را دارد.

(۲) عدم یکنواخت بودن و همگن بودن نمونه است.

**(۵) آزمون خستگی :**

در آزمون خستگی میزان تحمل شکست نمونه ها در بارهای متناوب محاسبه میشود که این آزمون به دو صورت چرخان و کشش کشش انجام می شود.

**الف) چرخان:**

در این آزمون از یک نمونه دمبلی شکل به طوریکه در هیچ نقطه ای از آن تمرکز تنشی وجود ندارد و کاملا سیقلی باشد. نمونه تحت آزمون به صورت افقی قرار می گیرد به شکلی که یک سر آن وزنه متصل شده و گیره دیگر آن به صورت چرخان است که موجب می شود نمونه در هنگام چرخش تحت تنش های کشش و فشار های مساوی قرار گیرد.

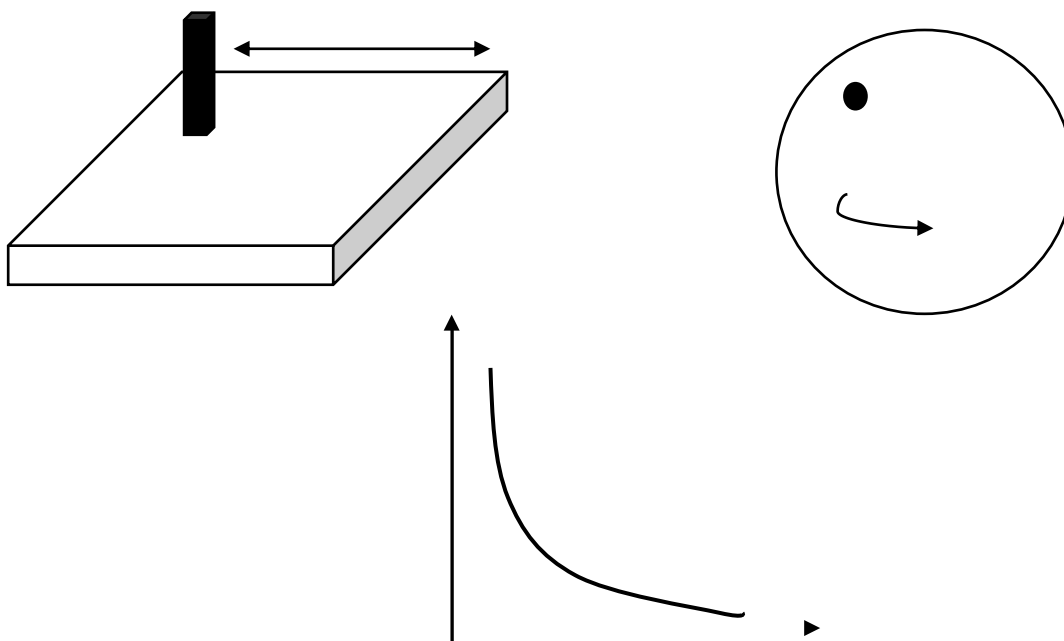
**ب) کشش کشش:**

در این آزمون نمونه با توجه به استاندارد مورد نظر تهیه شده و در یک دستگاه شبیه دستگاه کشش که نیرو های کششی متناوب به نمونه اعمال می کنند قرار می گیرد.

- ❖ نیروی فشار هیچ وقت موجب شکست نمونه نمی شود.
- ❖ برای کاهش خطا از نمونه های بیشتری استفاده می کنیم و سپس متوسط نمونه ها را محاسبه می کنیم.

#### ۶) آزمون سایش wear :

سایش بر اساس میزان کاهش حجم یا وزن نمونه پس از گذشت زمان مشخص مورد بررسی قرار میگیرد.



#### تعریف بازرسی غیر مخرب :

به کلیه فعالیت های کنترل کیفی قطعات صنعتی برای تایید صحت فرآیند ساخت بون تخریب قطعه را آزمون های غیر مخرب گویند.

#### ویژگی های بازرسی غیر مخرب :

- |                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| ۱) بینایی vision  | ۲) برخورد حرفه ای    |
| ۳) دانش knowledge | ۴) قابلیت تشخیص عیوب |

- (۵) توانایی درک استاندارد برای بدست آوردن حد پذیرش  
(۶) شرایط فیزیکی مطلوب  
(۷) توانایی گزارش دهی  
(۸) پیشنهاد تعمیر مناسب

### انواع روش های بازرسی غیر مخرب:

- (۱) بازرسی چشمی (V.T) visual inspection  
(۲) مایع نافذ (P.T) liquid penetrant  
(۳) ذرات مغناطیسی  
(۴) درای کارنت  
(۵) ما فوق صوت  
(۶) رادیو گرافی  
(۷) صوتی  
(۸) آزمون نشتی  
(۹) سختی  
(۱۰) Thermal Test

### (۱) بازرسی چشمی:




در این بازرسی مهمترین ابزار چشم بازرسی می باشد که باید توانایی مشاهده عیوب را با عینک و یا بدون آن داشته باشد. ابزارهای مهم بازرسی چشمی عبارت اند از:

- (۱) چشم ۱۰/۱۰ یا با عینک  
(۲) ذره بین  
(۳) آینه  
(۴) چراغ قوه یا نور کافی  
(۵) گیج اندازه گیری  
(۶) بورو سکوپ\_ فابر سکوپ  
(۷) گچ یا شمع حرارتی  
(۸) ترمو کوپل

### مراحل بازرسی چشمی:

#### الف) قبل از شروع فرآیند:

در بازرسی چشمی باید قبل از شروع فرآیند ورق مورد استفاده، بررسی مدارک جوشکاران، الکتروود، تعداد پاس، سالم بودن دستگاه، پارامترهای جوشکاری و تطابق پارامترها با رویه جوشکاری بازرسی شود. در پایین نمونه ای از فرم بازرسی غیر مخرب را خواهیم دید:

		<p align="center"><b>NDT Request</b> From Client to LIAN RAG Lab.</p>										
Type Of Test:		Work Order No.:		Request No.:		Date:		Ref Standard:		Page No.:		
No.	Weld No.	Welder stamp	WPS No.	Type of Joint	Welding Position	Side A (In/mm)		Side B (In/mm)		Weld Length	Kind of Material	Note
						Dia.	Th.	Dia.	Th.			
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
Contractor				Client				LIAN RAG LAB				
Approved				Approved				Approved				
Name:				Name:				Name:				
Sing:				Sing:				Sing:				
Date:				Date:				Date:				

RAG-QA/QC-NDT-REQUEST-005(Rev.00)

**ب) بازرسی در حین انجام فرآیند:**

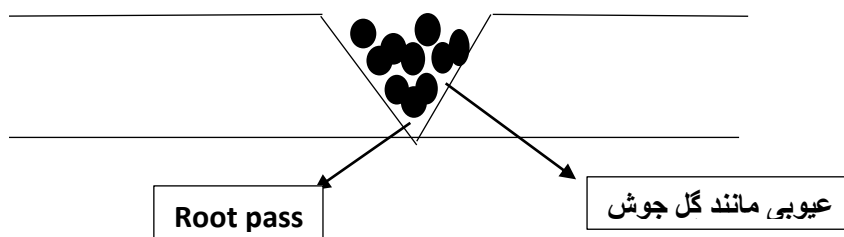
چون وجود عیوب غیر قابل پذیرش منجر به هزینه و زمان برای تعمیر و یا ساخت مجدد می باشد. پیشگیری از به وجود آمدن عیوب همیشه بهتر از درمان است بنابراین لازم است بازرس حن ساخت قطعه در محل حضور داشته و علاوه بر توجه به صحت انجام فرآیند مشکلات احتمالی را بررسی و حل نماید. موارد ضروری برای بازرسی جوش حین فرآیند عبارت اند از:

۱) انجام کلیه مراحل فرآیند بای طبق رویه جوشکاری (WPS) انجام گردد که شامل دمای پیشگرم، دمای بین پاس، جریان ولتاژ سرعت، تعداد پاس و دما و...

۲) با وجود اینکه رویه جوشکاری توسط مهندس جوش تهیه و تایید شده ممکن است در حین انجام کار عیوبی به وجود آید که بازرس باید در صورت دیدن عیوب، فرآیند را متوقف کند و با مراجعه به مهندس جوش وجود عیب را گزارش داده تا مهندس جوش برای رفع عیب WPS جدید ارائه نماید.



۳) برخی از عیوب ممکن است در صورت ادامه فرآیند در قطعه مخفی شده و هنگام بازرسی چشمی پس از اتمام فرآیند وجود نداشته باشد در نتیجه لازم است که بازرس پس از هر مرحله از فرآیند از نظر عدم وجود عیب اطمینان داشته و اجازه ادامه فرآیند را بدهد.



#### ج) پس از انجام فرآیند:

۱) اولین مرحله پس از انجام فرآیند بازرسی قطعه از نظر تطابق اندازه عیوب با توجه به استاندارد مربوطه میباشد، هیچگاه لازم نیست بازرس استاندارد مربوطه را حفظ کند. بازرس باید بتواند اطلاعات مربوطه را از استاندارد استخراج کند و با توجه به حجم بالای استاندارد و وجود اصلاحیه های مکرر در سالهای مختلف حفظ کردن استاندارد؛ هیچ عنوان قابل قبول نمی باشد همچنین بازرس جوش تنها می تواند بازرس چشمی را انجام دهد، اگر طبق استاندارد نیاز به انجام سایر روشهای بازرسی غیر مخرب باشد. بازرس جوش باید تقاضا داده که بررسی غیر مخرب با درصد مشخص انجام شود، پس از انجام بازرسی غیر مخرب گزارش به بازرس جوش داده و وجود عیوب و تطابق آنها با استاندارد توسط بازرسی، بررسی شود.

۲) نوشتن گزارش بازرسی که در این مرحله باید علاوه بر موارد عمومی مانند: اسم شرکت، اسم قطعه، مکان، زمان و... باید در یک جدول مشخص گردد که هر کدام از جوشها توسط کدام جوشکار و طبق کدام wps و توسط کدام مهندس جوش طراحی و اجرا شده و وجود یا عدم وجود و پذیرش و یا عدم پذیرش هر عیب مشخص شود در نهایت این گزارش توسط بازرس جوش تایید شود.

۳) ممکن است برخی از عیوب طبق استاندارد قابل قبول نباشد و تعمیر عیب نیاز باشد، بازرس باید حین فرآیند تعمیر در محل حضور داشته و صحت انجام فرآیند را تایید نماید و علاوه بر آن بازرسی مجدد روی قطعه تعمیری انجام شده و وجود یا عدم وجود عیب مجددا بررسی گردد.

۴) تایید نهایی قطعه در صورت انجام تمامی مراحل با توجه به استاندارد توسط بازرس انجام می گردد.

### عوامل تاثیر گذار در بازرسی چشمی:

(۱) خستگی بازرس: طبق استاندارد انجام بازرسی چشمی بیش از ۲ ساعت مجاز نبوده و استراحت بازرس پس از ۲ ساعت الزامی است.

(۲) تجربه بازرس: با توجه به نوع فرآیند، شرایط آب و هوایی و مکانهای مختلف جوش احتمال وجود عیوب متفاوت می باشد بنابراین تجربه بازرس به او کمک می کند که برخی مناطق را بیشتر تحت نظر قرار داده در نتیجه خطای بازرسی کاهش می یابد.

(۳) نور: طبق استاندارد بازرسی چشمی میزان نور از حد مشخصی نباید کمتر باشد. علاوه بر این تجربه بازرس به او کمک می کند که زاویه اعمال نور را برای دیدن هر عیب تنظیم نماید.

(۴) چشم: معمولا برای بررسی قدرت دید بازرس حروفی را و یا یک خط با ضخامت ۰,۸ میلی متر را در فاصله ۳۰ سانتی متر از بازرس قرار می دهند و این حروف یا خط باید برای بازرس قابل مشاهده باشد.

(۵) فاصله و زاویه دید: زاویه دید بازرس نباید کمتر از ۳۰ و فاصله نباید بیشتر از ۳۰ سانتی متر باشد.

### عیوب ایجاد شده پس از زمان مشخص:

برخی از عیوب مانند ترک هیدروژنی، زمان نهفتگی دارد به عبارت دیگر بازرسی دقیقا پس از انجام فرآیند جوش انجام شود، هیچ عیبی در قطعه مشاهده نخواهد شد بنابراین با توجه به نوع فولاد و احتمال تردی هیدروژنی در برخی از موارد هنگام بازرسی پس از ۴۸ یا ۷۲ ساعت باید انجام گردد.

### (۲) آزمون مایع نافذ:

(۱) آزمون مایع نافذ

این روش، ساده ترین روش آزمون غیر مخرب است، با این روش می توان ترک هایی که دارای عرض بیش از ۰,۰۵ میلی متر است را مشاهده کرد که اصول این روش بر پایه ی موئینگی و نفوذ مایع در ترک های سطحی می باشد.

### مزایا آزمون مایع نافذ:

(۱) ارزانی و سهولت انجام آزمون: معمولا بسته به آزمون شامل ۳ اسپری، تهیه کننده، مایع نافذ و آشکار ساز (developer) می باشد و قیمت آن با توجه به روشهای دیگر بسیار پایین است.

(۲) سرعت بالای انجام آزمون: پس از جوشکاری سرعت می توان این آزمون را بر روی قطعات انجام داد چرا که نیاز چندانی به تجهیزات ندارد.

۳) امکان انجام آزمون بر روی قطعات بزرگ و پیچیده و انواع مختلف حالات جوش: امکان انجام آزمون روی قطعاتی که دارای پیچیدگی هستند. مانند جوش هایی نسبتی که با روش هایی دیگر به سختی قابل بازرسی هستند، وجود دارد.

۴) امکان تشخیص ترک های سطحی بسیار ریز حاصل از خستگی و خوردگی: با توجه به عدم امکان بررسی ترک ها با روش RT و همچنین عدم تشخیص ترک های سطحی توسط روش UT به بهترین روش برای مشاهده ترک های خطرناک سطحی (که اکثرا حاصل از خستگی و خوردگی تنش هستند) روش مایع نافذ می باشد.

۵) امکان بازرسی مواد مغناطیس شونده: در صورت استفاده از جرقه یلپهایی مغناطیسی موادی که قابل مغناطیس شدن دارند از نظر آزمون ذرات مغناطیس، غیر قابل بررسی می باشند اما به راحتی با آزمون مایع نافذ قابل آزمون هستند.

۶) سهولت درک عیوب توسط افراد غیر متخصص: به دلیل انجام سریع و سهولت مشاهده ترک ها امکان اثبات وجود ترک و تفهیم غیر متخصص آسان می باشد.

۷) امکان انجام آزمون در هر موقعیت: انجام بازرسی غیر مخرب در ارتفاعات زیاد و مخصوصا جوشکاری های (over head) قابل انجام نبوده و یا سخت می باشد، انجام آزمون مایع نافذ در همچنین مواقعی بسیار آسان است.

### معایب آزمون مایع نافذ:

- ۱) عدم امکان مشاهده عیوب غیر سطحی
- ۲) حساسیت روش به سنگ زنی، چکش کاری و عوامل تغییر دهنده سطح نمونه: در صورت سنگ زنی و یا چکش کاری امکان مشاهده عیوب سطحی به دلیل پوشیده شدن آنها وجود ندارد.
- ۳) عدم امکان بررسی ترک ها در قطعات با حفرات بزرگ سطحی: به دلیل پر شدن حفرات سطحی از مایع نافذ، بعد از اعمال آشکار ساز امکان مشاهده ترک های داخل یا اطراف حفره وجود ندارد، در مورد جوشهایی که دارای حفرات سطحی هستند و یا سطح چدن و بتن، این روش قابل انجام نمی باشد.
- ۴) تشدید خوردگی در برخی قطعات: به دلیل شکل بودن خروج مایع نافذ از محل ترک احتمال خوردگی آن منطقه وجود خواهد داشت، خطر مواد مایع نافذ برای آزمایش کننده، بدلیل نفوذ بالای مایع در ریه، استفاده از آن بدون ماسک بسیار خطرناک می باشد.
- ۶) عدم امکان انجام آزمون در قطعات با دمای بالاتر از ۵۰ cm: به دلیل بخار شدن مایع نافذ در دمای بالای ۵۰ درجه سانتی گراد امکان بررسی قطعات وجود نخواهد داشت.

### مراحل انجام آزمون مایع نافذ:

(۱) تمیز کردن قطعه: به دلیل اینکه وجود شرعی یا رطوبت موجب جلوگیری نفوذ مایع نافذ در ترک ها می شود، سطح باید کاملاً تمیز گردد، همچنین هر گونه نقاط زنگ زدگی به دلیل احتمال جذب مواد نافذ مناطق، باید از بین برود.

(۲) اعمال مایع نافذ: معمولاً مایع نافذ را باید به صورت زاویه دار بر قطعه اعمال...، چرا که احتمال ورود مایع نافذ در این حالت افزایش می یابد.

(۳) زمان نگهداری: برای ورود مایع نافذ به ترک ها نیاز به زمان می باشد که از ۵ تا ۶۰ دقیقه متغیر است، مشخصاً زمان توقف برای ترک های عمیق بیشتر است.

(۴) تمیز کردن مایع نافذ: در این مرحله با استفاده از پارچه و اسپری تمیز کننده سطح قطعه را به شکلی تمیز می کنیم که هیچ نشانی از مایع نافذ مشاهده نشود.

(۵) خشک ردن سطح: بدلیل اینکه رطوبت ممکن است موجب تغییر پراکندگی ذرات آشکار ساز شود، خشک کردن نمونه پس از پاک سازی مایع نافذ لازم است.

(۶) اعمال آشکار ساز: آشکار ساز ماده ای است که مایع نافذ را به خود جذب کرده و در اثر تغییر رنگ، منطقه ترک خورده مشخص می شود، برای مشاهده بهتر عیوب لازم است مدت زمانی آشکار ساز روی سطح قطعه قرار گرفته تا زمان لازم برای جذب مایع نافذ وجود داشته باشد.

(۷) انجام بازرسی: در این مرحله بازرسی سطح قطعه را بررسی نموده و هر گونه تغییر رنگی را علامت گذاری کرده گزارش می دهد، معمولاً اندازه مشاهده شده در این روش بزرگتر از اندازه عیب باشد.

(۸) تمیز کاری نهایی: همانطوری که پیش از این گفته شده (معایب) باقی ماندن مایع نافذ می تواند موجب شدید خوردگی در برخی قطعات گردد.

### دسته بندی مایع نافذ:

بطور کلی مایع نافذ به دو دسته مایع نافذ رنگی و فلورسنت تقسیم بندی می شود، هر کدام از این دو نوع به ۳ دسته حل شونده در آب، امولسیون و مایع نافذ حل شونده با حلال.

تفاوت مواد رنگی و فلورسنت در این است که در مواد رنگی شاهده عیوب در نور مرئی وجود دارد اما در نوع فلورسنت احتیاج به اتاق تاریک و تابش نور UV (فرا بنفش) نیاز می باشد. همچنین بدلیل عدم تشخیص مایع نافذ فلورسنتی در نور مرئی امکان تمیز کردن آن پس از اعمال مایع نافذ، تنها در اتاق تاریک وجود دارد.

### روش صنعتی انجام آزمون مایع نافذ (روش مدار پیوسته p.t):

در صورتی که تعداد نمونه های آزمون بسیار بالا باشد از روش مدار پیوسته استفاده می شود که مراحل این روش عبارتند از:

(۱) قرار دادن نمونه در حوضچه مواد نافذ: مانند روش قبل، بسته به نوع عیوب احتمالی زمان توقفی از ۵۰ الی ۶۰ دقیقه لازم است.

(۲) قرار دادن در ظروف مشبک: با قرار دادن در ظروف مشبک مایع نافذ اضافی تدریجا از قطعه خارج می شود.

(۳) شستشوی قطعات در حوضچه شستشو: که می تواند به صورت غوطه وری یا با استفاده از..... استفاده شود.

(۴) بازرسی قطعات برای اطمینان از بر طرف شدن مایع نافذ از کل سطح قطعه: در صورتی که ماده نافذ از نوع فلورسنت باشد این مرحله باید در اتاق تاریک و با استفاده از پرتوی فرا بنفش انجام گردد.

(۵) خشک کردن قطعه: برای اینکه ممکن است عدم خشک شدن قطعه غیر یکنواخت شدن پودر آشکار ساز، خشک کردن با اعمال حرارت و یا هوای گرم باید به صورتی انجام شود که مایع نافذ درون عیوب از بین نرود.

(۶) اعمال آشکار ساز: به صورت غوطه وری در پودر خشک و یا غوطه وری در سیال آشکار ساز انجام می شود، پس از این مرحله از بین بردن آشکار ساز اضافی با هوای گرم و یا جریان سیال الزامی است.

(۷) بازرسی و تغییر عیوب

پارامترهای مهم در انتخاب آزمون:

(۱) تعداد

(۲) وجود تجهیزات و بخصوص داشتن آب و برق در محل

(۳) اندازه قطعات

خواص مواد نافذ:

(۱) خاصیت موئینیگی بالا و سیالیت بالا

(۲) سمی نباشد

(۳) عدم ایجاد واکنش های مخرب با قطعه

(۴) امکان آشکار شدن و داشتن خاصیت جذب نسبت به آشکار ساز

(۵) مقاومت به حرارت و امکان استفاده در دمای زیر ۶۰ درجه

(۶) با گذشت زمان رقیق نشود و از شیار خارج نشود

(۷) در صورت نگهداری در انبار تغییر رنگ ندهد

## انواع حالت های مایع نافذ:

(۱) مایع نافذ از نوع حل شونده با آب (۲) مایع نافذ امولسیون (۳) مایع نافذ حلال غیر آبی

## (۱) مایع نافذ از نوع حل شونده با آب:

این نوع مایع نافذ به ۲ صورت رنگی و فلورسنت وجود دارد. که در نوع رنگی معمولاً با روش دستی اعمال می شود و برای تعداد کم قطعات استفاده می شود. با توجه به عدم نیاز به تجهیزات زیاد، آزمون در زمان کوتاهی انجام میشود که مزیت آن، این است که ترک های عمیق قابل مشاهده هستند و عیب آن عدم امکان استفاده برای مشاهده عیوب کم عمق می باشد. اما در هنگام استفاده از مایع فلورسنتی موارد گفته شده برای مایع رنگی، وجود دارد با این تفاوت که از این مایع در موارد صنعتی و با تناژ بالا استفاده می شود.

## (۲) مایع امولسیون:

ماشبه حالت اول دارای دو نوع رنگی و فلورسنت می باشد. در این حالت ذرات رنگی بدون مایع غیر آبی معلق اند، در نتیجه پس از مرحله ابکشی و شستشوی ذرات امولسیون درون ترک ها باقی می ماند، به دلیل مشکل بودن خروج این مواد از ترک ها، از این مایع برای ترک های ریز و کم عمق استفاده می شوند. از این روش نمی توان برای ترک های عمیق استفاده شود و همچنین شستشوی قطعه پس از اتمام آزمایش بسیار مشکل بوده و نیاز به مواد معلق کننده نیاز دارد.

## (۳) مایع نافذ حلال غیر آبی:

جایی که نتوان از آب استفاده نمود مانند  $Mg, Al$  و.....، از این مواد استفاده می شود. با توجه به نیاز به شستشو به حلال، بسیار وقت گیر بوده، اما تقریباً انواع ترک ها با این روش قابل مشاهده است.

## شستشو و برداشتن مایع نافذ:

شستشو با توجه به نوع ماده نافذ متفاوت است که در:

نوع آبی، با استفاده از فشار آب و با زاویه ۴۵ درجه و فشار ۲۰ psi شستشو انجام شده و سپس با پارچه خشک می گردد. همچنین می توان از اسپری **cleaner** و تحت زاویه ۴۵ درجه استفاده نمود و سپس قطعه را با پارچه خشک نمود. مایع نافذ امولسیونی و حلال غیر آبی را نمیتوان با آب کاملاً شستشو داد. در مایع امولسیونی ابتدا با اعمال فشار آب و تحت زاویه ۴۵ درجه شستشو شده و سپس سطح مقطع با حلال تمیز می شود و برای خشک کردن با هوای گرم موجب بخار شدن مایع نافذ نشویم.

در مایع نافذ غیر آبی که از جنس مواد نفتی می باشد شستشو با حلال و سپس خشک کردن با پارچه انجام میشود. معمولاً این مرحله چندین بار انجام میشود و پارچه مورد استفاده نباید نخ شده و در سطح قطعه باقی بماند و همچنین مهم است که پارچه باید سفید باشد تا با ترکیب شدن با مواد حلال، رنگ پس ندهد.

### خصوصیات مهم مواد آشکار ساز :

- (۱) امکان جذب مایع نافذ را داشته باشد
- (۲) دانه ها ریز و یکنواخت بوده , به شکلی که ترک ها کاملاً واضح در قطعه مشاهده شود .
- (۳) داشتن رنگ متضاد و متفاوت با مایع نافذ
- (۴) با اعمال کمترین میزان ضخامت پودر , آشکار سازی انجام شود.
- (۵) با گیر گردن در دهانه ترک مانع نفوذ , مایع نافذ به بیرون از ترک نشود .
- (۶) پس از اتمام کار بتوان به راحتی از روی سطح قطعه پاک شود.

### انواع مواد آشکار ساز:

- (۱) پودری (خشک)
  - (۲) سیال آبی
  - (۳) سیال غیر آبی
- در حالت پودری امکان استفاده در حالت غیر تخت وجود ندارد اما در ۲ حالت دیگر با توجه به وجود سیال می توان در حالت غیر تخت هم استفاده نمود. در نوع پودری که معمولاً به صورت فله می باشد , پودر با استفاده از پودر پاش بر روی سطح قطعه پاشیده می شود و سپس با اعمال ضربه , مقدار آن روی قطعه یکنواخت می شود . همچنین انبار کردن طولانی مدت این پودر , موجب جذب رطوبت و کلوخه شدن می شود . در نوع معلق در سیال معمولاً اسپری می باشد که قبل از اعمال آشکار ساز باید اسپری کاملاً تکان داده شود و همچنین در حالت سیال غیر آبی آزمون زیر تهویه انجام شود .

### مراحل بازرسی در روش مایع نافذ:

#### بازرسی اولیه :

- هدف بررسی اولیه نمونه قبل از آزمون از نظر عدم وجود زبری سطح , وجود جای ذره , رنگ و چربی و ... میباشد . بازرس در ای مرحله باید به موارد زیر توجه کند :
- (۱) عدم وجود نشانه های پاشش ساچمه ( shot blast )
  - (۲) عدم وجود نشانه های sand blast
  - (۳) بازرسی نمونه برای مشخص کردن مکان های سنگ خورده , سنباده کاری و ماشین کاری و ... که در صورت وجود چنین مناطقی , چون دهانه ترک بسته می شود امکان مشاهده این عیوب وجود ندارد .
- بازرسی ثانویه بعد از مرحله شتشو:

هدف عدم وجود مایع نافذ در سطح می باشد. در صورتی که مایع فلورسنتی باشد , این مرحله باید در اتاق تاریک انجام شود .

**بازرسی نهایی:**

در این مرحله بازرس باید بتواند نوع عیوب ، عمق عیوب و عیوب کاذب ( arti fact ) را تشخیص دهد. میزان نور لازم برای مواد رنگی حداقل  $500 \text{ lux}$  , فاصله بازرس کمتر از ۳۰ سانتی متر باشد و همچنین در روش فلورسنسی تاریک بودن کامل اتاق بازرسی از اهمیت بالایی برخوردار است.

**انواع عیوب مشاهده شده:**

(۱) عیوبی که سریع پس از اعمال آشکار ساز مشاهده می شود , ترک های کم عمق مانند ترک های خستگی  
(۲) عیوب تاخیری : در حالتی که عمق عیوب بالا باشد نفوذ مایع نافذ به بیرون در زمانهای طولانی تری اتفاق افتاده , همچنین اندازه عیوب بسیار درشتتر از ترک های ریز می باشد و با گذشت زمان عرض منطقه عیب بیشتر می شود .

(۳) دانه های ریز که به سرعت روی سطح مشاهده می شود ( تخلخل ریز کم عمق )

(۴) دانه های درشت و تاخیری : این حالت در حفرات کرمی شکل عمیق استفاده می شود

**نکات مهم در بازرسی:**

(۱) اگر پس از اعمال آشکار ساز به سرعت دانه های بسیار ریز در جایی جمع شوند , این به دلیل عدم پاک کردن مایع نافذ می باشد که می تواند به دلیل وجود خوردگی سطحی و یا پاک نکردن کامل مواد نافذ غیر آبی باشد .

(۲) اگر عرض عیب بسیار بالا باشد (عیوب عمیق ) , با اعمال چندین بار ماده آشکار ساز و پاک کردن آن میتوان به صورت تجربی عمق عیب را تخمین زد.

**تهیه نمونه آزمایش :**

هر روش غیر مخرب برای بررسی انجام کار نیاز به نمونه کالیبره شده , طبق استاندارد دارد. در روش مایع نافذ با توجه به اهنی و یا غیر اهنی بودن مواد مورد آزمون از دو حالت زیر استفاده می شود ک  
(۱) فولاد ۵۱ از دمای ۸۱۳ درجه سانتی گراد به سرعت در اب کوئینچ می کنیم تا ترک بخورد.  
(۲) 2024, Al را از دمای ۵۱۰ درجه سانتی گراد در آب سرد می کنند.  
مهمترین مزیت , آسان و ارزان بودن آن است و مهمترین عیب آن , نشان دادن تنها عیوب سطحی است.

**(۳) آزمون ذرات مغناطیسی :**

(۱) آزمون ذرات مغناطیسی :

مهمترین عیب آمون مایع نافذ عدم مشاهده ترک های زیر سطحی می باشد. در روش مغناطیسی علاوه بر مشاهده انواع عیوب سطحی , عیوب سطحی تا عمق حداکثر ۸ میلی متر قابل مشاهده می باشد . اصول این



روش بر پایه تغییرات میدان مغناطیسی اطراف محل عیب به دلیل ناپیوستگی ایجاد شده می باشد ، به شکلی که در دو سطح عیب قطبیت مغناطیسی ایجاد شده و در نتیجه با ریختن فرومغناطیسی امکان تشخیص عیوب وجود دارد . اصول انجام آزمایش در تمامی روشهای ذرات مغناطیسی به صورت زیر می باشد :

(۱) پاشیدن ذرات فرومغناطیسی به همراه اعمال میدان مغناطیسی

(۲) توزیع ذرات با توجه به شکل و اندازه آنها

(۳) بازرسی و تفسیر عیوب

### انواع مواد مغناطیسی:

این مواد به سه دسته تقسیم میشوند:

(۱) **دیا مغناطیس** : موادی هستند که مغناطیسی شدن آنها در حد صفر بوده و تقریباً به هیچ عنوان مغناطیسی نمی شوند.

(۲) **پارا مغناطیس** : موادی هستند که مغناطیسی شدن ضعیف تا متوسطی دارند.

(۳) **فرومغناطیس** : موادی هستند که به راحتی مغناطیسی میشوند و نفوذ پذیری مغناطیسی بالایی دارند ، که این مواد شامل  $Co$  ,  $Ni$  ,  $Fe$  می باشند .

فرو مغناطیس ها به دو دسته سخت و نرم تقسیم می شوند :

- فرو مغناطیس نرم : قرار گیری این مواد در میدان مغناطیسی به سرعت باعث ایجاد میدان در این مواد می شوند اما با برداشتن این مواد به سرعت خاصیت مغناطیسی خود را از دست می دهند و
- فرو مغناطیس سخت : در این مواد مغناطیسی شدن در زمانهای طولانی اتفاق می افتد و از بین رفتن مواد هم نیاز به گذشت زمانهای بسیار طولانی دارد

**نکته** : آهن فرو مغناطیس نرم بوده و آهنربا از نوع فرو مغناطیس سخت می باشد.

**نکته** : روش ذرات مغناطیسی دارای دو مشخصه اصلی می باشد :

(۱) وسیله ای که اعمال میدان مغناطیسی کند

(۲) وسیله ای که به عنوان مشخص کننده ی عیوب، اطراف آنها جمع شود.

### انواع آهنربای مورد استفاده در روش MT :

(۱) آهنربای دائمی :

آهنربای دائمی از نوع فرو مغناطیس سخت می باشد که چند نکته در مورد استفاده از این وسیله ضروری می باشد که عبارتند از:

- استفاده از ذرات مغناطیسی خشک یا پودری در این نوع آهنربا ، موجب چسبیدن سریع ذرات به آن و نیاز به تمیز کردن مداوم قطعه می باشد.
- با توجه به فاصله محدود دو قطب از یکدیگر ، امکان بازرسی قطعات خیلی بزرگ وجود ندارد .
- با توجه به مشکل بودن کندن آهنربا از قطعه ، امکان استفاده از آهنربای پر قدرت وجود نداشته و در نتیجه آهنربای با قدرت پایین استفاده می شود . بنابراین قدرت تشخیص عیوب با استفاده از این آهنربا ها بسیار کم بوده و عمق شناسایی عیوب بسیار پایین است.
- امکان استفاده از این آهنرباها در مکانهایی که امکان دسترسی به جریان برق وجود ندارد ، وجود داشته که این نکته مهمترین مزیت آهنربای دائمی می باشد.

## ۲) آهنربای الکتریکی :

در این آهنربا با استفاده از جریان الکتریکی ، میدان مغناطیسی موقت ایجاد کرده و در نتیجه پس از اعمال میدان ، امکان قطع کردن آن و جدا کردن آهنربا از قطعه امکان پذیر می باشد، همچنین ذرات مغناطیسی پس از قطع جریان دیگر به آهنربا نچسبیده و انرا رها می کند در نتیجه نیاز به تمیز کردن آهنربا وجود ندارد. عیب این نوع آهنربا نیاز به مولد جریان با آمپر بسیار بالا می باشد .

## انواع ذرات مغناطیسی مورد استفاده:

ذرات مغناطیسی به دو دسته تقسیم بندی میشوند:

- ۱) ذرات خشک (پودری) : این ذرات خشک تنها در حالت تخت قابل استفاده هستند. این ذرات از نوع آهن نرم بوده و معمولا اندازه ذرات در ایت حالت درشت تر بوده ( ۲۵۰-۶۰۰ میکرون ) که به دلیل درشت بودن ذرات امکان مشاهده عیوب ریز و حساس وجود ندارد .
- نکته: در آزمون ذرات مغناطیس اگر رنگ هم روی سطوح و یا دارای پوشش عایق با ضخامت حداکثر ۴۰ میکرون باشد، قابل بازرسی می باشد.

## مزایا ذرات مغناطیسی خشک:

- امکان استفاده در محیط های دما بالا و دما پایین یا داغ یا خیلی سرد بدون خطر تبخیر و یا انجماد
- به دلیل درشت بودن ذرات ، هرگونه زبری و یا خراش را به عنوان عیب نشان نداده، زیرا ابعاد بالای ذرات در این مکانها ، امکان ورود و گیر افتادن نخواهد داشت .
- عدم واکنش با قطعه (مواد نفتی بسیاری از مواد را حل میکند و مواد پایه ابی خطر خوردگی را افزایش می دهد .
- خطر اشتعال و آلودگی محیط ، وجود ندارد .

**معایب ذرات مغناطیسی خشک :**

- به دلیل درشت بودن ذرات امکان مشاهده عیوب ریز و کم عمق وجود ندارد.
- احتمال ماندن ذرات روی قطعه و تشدید سایش در قطعات بالاتر است .
- برای حالت بالا سر ( سقفی ) , عمودی و گرد قابل استفاده نیست.
- امکان استفاده از آهنربای دائمی در این ذرات وجود ندارد .
- امکان استفاده به صورت اسپری برای ذرات وجود ندارد.

**نکته کلیدی در روش MT :**

تنها ترک هایی با این روش مشاهده می شود که حداقل ۶۰ درجه نسبت به اعمال میدان مغناطیسی زاویه داشته باشد به عبارت دیگر ترک هایی که با جهت اعمال نیروی مغناطیسی زاویه ۹۰ درجه دارند (عمود بر جهت میدان ) بسیار واضح مشاهده می شوند اما ترک هایی که موازی جهت میدان مغناطیسی هستند به هیچ وجه قابل مشاهده نیستند. بنابراین چرخاندن مستمر آهنربای مورد استفاده برای دیدن تمامی عیوب در این روش الزامی است.

**۲) ذرات در حالت تر (ذرات معلق در سیال):** ذرات معلق در سیال را می توان برای استفاده در حالت سقفی , عمودی و قطعات گرد استفاده نمود. بر خلاف پودر خشک این ذرات به صورت اسپری قابل استفاده بوده و علاوه بر امکان استفاده در حالت سقفی و عمودی امکان آزمون قطعات گرد هم با این روش وجود خواهد داشت. این ذرات به صورت معلق در سیال می باشد و سیال های مورد استفاده از دو نوع پایه آبی و پایه نفتی می توانند انتخاب شوند. مهمترین نکته در مورد این ذرات معلق شدن ذره در سیال می باشد و به این منظور مواد مکملی به سیال اضافه می شود. سیال ها به دو صورت دسته بندی می شوند:

**الف) سیال پایه نفتی:**

ماده اصلی این سیال نفت سفید می باشد بعلاوه خاصیت چسبندگی بالای نفت به عامل معلق کننده نیاز نبوده و ذرات به راحتی در این سیال معلق می شوند. در سیال پایه نفتی با وجود عدم احتمال ایجاد خوردگی به دلیل بالا بودن احتمال حل کردن پوشش و یا رنگ روی قطعات احتمال بالایی برای کندن عایق رود قطعات وجود دارد. همچنین احتمال اشتغال سیال مخصوصا در محیط های مهمترین ذرات معلق در سیال امکان تمیز کردن قطعات با استفاده از... آب پس از انجام آزمون می باشد. جوشکاری می باشد. عدم امکان استفاده در محیط های بسته، بدلیل به وجود بودن و احتمال ایجاد مسمومیت آزمایش باید در محیط های باز و یا زیر کود انجام شود.

### مزایای سیال پایه نفتی:

- به دلیل ریز بودن ذرات... امکان مشاهده عیوب بسیار ریز وجود دارد.
- عدم نیاز به عامل معلق کننده: بدلیل بالا بودن چسبندگی نفت نیاز به اضافه کردن عامل معلق کننده وجود نداشته و ذرات به خوبی در سیال معلق می شوند.

### ب) سیال پایه آبی :

#### معایب سیال پایه آبی:

- بالا رفتن احتمال خوردگی
- نیاز به عامل معلق کننده: با توجه به بالا بودن میزان چسبندگی (بالا بودن نیروی کشش سطح آب) ذرات به هیچ عنوان بدون عامل معلق کننده نمی توانند در آب غوطه ور شوند در نتیجه نیاز به اضافه کردن نیاز مکمل که اکثرا خاصیت... دارند وجود دارد. اما میزان... این مواد نباید از... بیشتر شود چونکه احتمال واکنش با قطعه افزایش می یابد.
- نکته : برای جلوگیری از احتمال خوردگی پس از آزمایش این مواد باید سریعا از قطعه پاک شده و با هوای گرم قطعه خشک گردد.
- نکته : مزایای این سیال همان معایب سیال پایه نفتی می باشند.

### ذرات فلورسنتی:

- در حالت خشک و یا تر بودن می توان از ذرات فلورسنتی استفاده کرد اما باید به موارد زیر توجه کرد:
- (۱) با توجه به عدم مشاهده مواد فلورسنت در نور مرئی: بازرسی قطعات و همچنین تمیز کردن آنها در اتاق تاریک و همچنین تابش فرابنفش انجام می شود.
  - (۲) با توجه به ریز بودن ذرات مورد استفاده که کمتر از ۱۰ میکرون می باشد و همچنین نورانی بودن ذرات امکان مشاهده ترک های بسیار ریز وجود دارد. با توجه به مهم بودن مشاهده ترک های خستگی در شافت ها و چرخ دنده ها، با استفاده از ذرات فلورسنت معلق در سیال به راحتی ترک ها قابل مشاهده هستند.
  - (۳) امکان صنعتی کردن آزمون: بدلیل امکان استفاده از روشهای غوطه وری قطعات در سیال در این حالت امکان صنعتی کردن فرآیند و انجام سریع آزمون وجود دارد.
  - (۴) در صورت وجود ذرات فلورسنت ذاتی دقت ین روش به شدت کاهش یافته و مشاهده عیوب امکان پذیر نخواهد بود.

### انواع تکنیک های آزمون ذرات مغناطیسی:

با توجه به شکل قطعه و دانستن اینکه تنها عیوبی در این روش به خوبی مشاهده می شوند که در راستای عمود بر میدان مغناطیسی وجود دارد، روشهای مختلفی برای این آزمون وجود دارد:

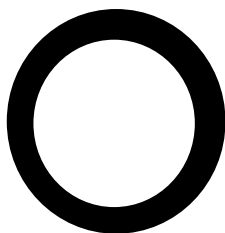
#### (۱) روش محوری:

در این روش قطعات در مسیر جریان های بالا قرار می دهند تا در اثر جریان های بالا قرار می دهند تا در اثر جریان های بالا قرار می دهند تا در اثر جریان مغناطیسی حول قطعه ایجاد گردد این روش برای قطعات پیچیده که امکان اعمال میدان مغناطیسی

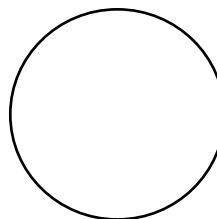
با روشهای دیگر وجود ندارد امکان پذیر است اما تنها عیوبی دیده می شوند عمود بر میدان مغناطیسی باشند بنابراین عیوب طولی در این قطعات قابل مشاهده است.

با توجه به قطر و جنس قطعات جریان مورد استفاده متفاوت است و هر چه قطر قطعات بیشتر شود نیاز به جریان های بیشتری وجود دارد. برای مثال فولادی به قطر ۱۰ میلی متر و جریان ۲۰۰ آمپر در حالت AC و ۲۸۰ آمپر در حالت DC وجود دارد.

با توجه به نوع جریان هم میزان جریان احتمالی اعمالی متفاوت است. در جریان... با توجه به خاصیت اثر سطحی آن جریان از سطح قطعات عبور می کند چون در روش MT هدف مشاهده عیوب سطحی و زیر سطحی می باشد، عبور جریان تنها از سطح میدان مغناطیسی لازم را برای مشاهده عیوب ایجاد می کند و اصولاً در این روش نیاز به عبور جریان از قسمت های مرکزی قطعه وجود ندارد چون در جریان AC جریان الکتریکی تنها از سطح عبور می کند با اعمال جریان های پایین تر باز هم چگالی جریان در قسمت های سطحی مناسب خواهد بود اما چون در حالت DC خاصیت سطحی وجود ندارد و جریان از کل ماده عبور می کند برای داشتن چگالی جریان مناسب نیاز به استفاده از جریان های بالاتری وجود دارد. با توجه به گرم شدن قطعه در اثر جریان زیاد باید کنترل زیادی روی جریان خروجی از دستگاه وجود داشته باشد. همچنین احتمال جرقه زدن وجود دارد.



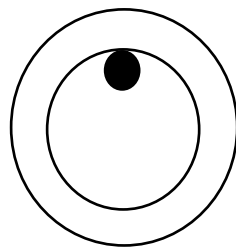
جریان DC



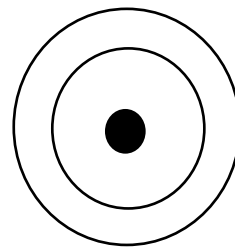
جریان AC

## ۲) روش های مرکزی:

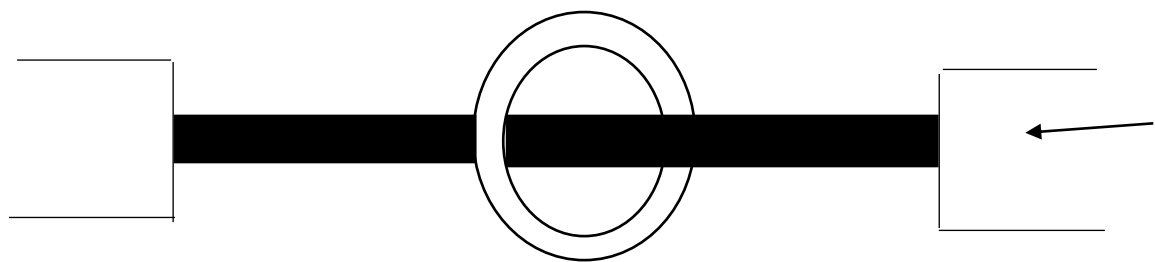
این تکنیک برای قطعاتی که به صورت تو خالی هستند استفاده می شود در این حالت احتمال جریان بالا از یک میله میدان مغناطیسی حول آن میله ایجاد می کند و عیوب طولی موجود در قطعات با این روش مشاهده می گردد. دو تکنیک در این روش وجود دارد با نگهدارنده و بدون نگهدارنده، با توجه به اینکه در حالتی که نگهدارنده استفاده می شود هادی مرکزی دقیقاً در مرکز قطعه قرار می گیرد فاصله آن تا تمامی نقاط یکسان است اما در حالت بدون نگهدارنده قطعات روی میله هادی مرکزی قرار می گیرند با توجه به فاصله کمتر آنها زیاد به اعمال جریان های کمتر وجود دارد و همچنین با چرخش هادی مرکزی امکان مشاهده عیوب در قطعاتی با نظر نا برابر وجود خواهد داشت.



بدون نگهدارنده

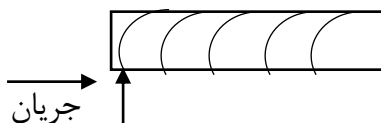


با نگهدارنده



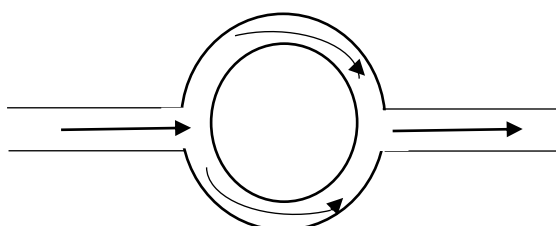
### ۳) سیم پیچ :

در صورتی که بخواهیم ترک های عرضی را مشاهده کنیم از این تکنیک استفاده میکنیم . در این حالت با عبور جریان از یک سیم پیچ ، میدانی به طور خطی ایجاد شده و در نتیجه عیوبی که در عرض نمونه وجود دارند مشاهده می شود.



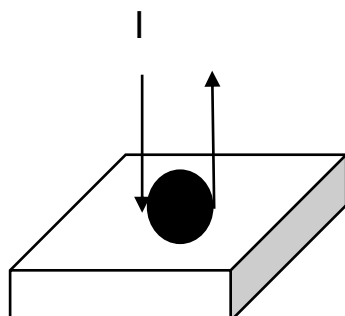
### ۴) حلقوی :

در صورتی که بخواهیم به صورت موضعی و با دقت بالا عیوب را روی نمونه مشاهده کنیم از این روش استفاده می کنیم.



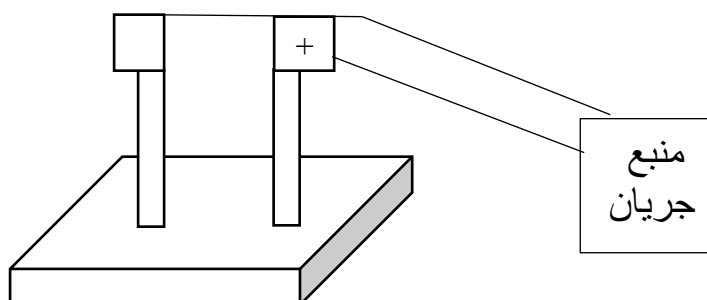
### (۵) جریان القایی :

در این حالت در اثر القای میدان مغناطیسی ، جریانی در قطعه به وجود می آید که این جریان ایجاد یک میدان مغناطیسی ضعیف در قطعه ایجاد می کند .



### (۶) الکتروود :

در این تکنیک از دو الکتروود که جریان از بین آنها عبور می کند و نقش فرستنده و گیرنده جریان را دارند ، استفاده می شود. در این روش به دلیل اعمال جریان بسیار بالا و در نتیجه میدان مغناطیسی قوی می توان ترک هایی تا عمق ۸ میلی متر را مشاهده نمود و در صورت استفاده از جریان DC ، مشاهده ترک ها واضح تر خواهد بود. توجه داشته باشید ترک هایی مشاهده میشوند که بین دو الکتروود قرار می گیرند. در این روش پس از اتصال الکتروودها به قطعه کلید جریان که در هر کدام از الکتروودها وجود دارد ، زده شده و جریان برقرار می شود. در صورتی که قبل از اتصال الکتروودها به قطعه کار ، جریان در آنها برقرار شود . در اثر برخورد الکتروود با سطح کار موجب ایجاد قوس الکتریکی و تخریب قطعه می شود.



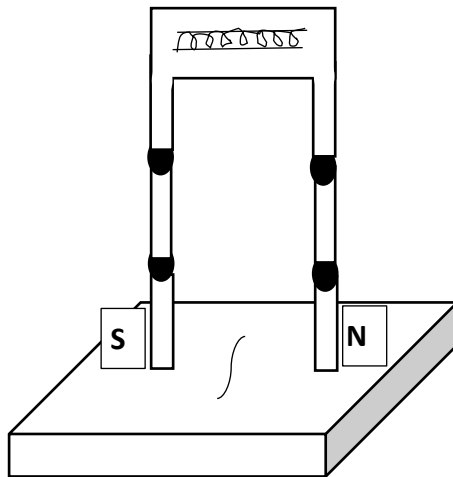
### معایب :

- ایجاد لکه قوس در اثر جرقه ایجاد شده
- برای قطعات پوشش دار ، رنگ شده و عایق نمی توان استفاده کرد

- زمان انجام نباید خیلی طولانی باشد, چنکه موجب گرم شدن قطعه می باشد
- تنها عیوبی که بین دو الکتروود می باشند , مشاهده می شوند و بقیه عیوب قابل مشاهده نیستند
- نیاز به تمیز کردن نوک الکتروودها بعد از هر بار استفاده , می باشد

#### (۷) یوک :

در این حالت با استفاده از جریان الکتریکی , یک میدان مغناطیسی در یوک ایجاد شده و یوک به قزعه کار می چسبد , در نتیجه میدان مغناطیسی ایجاد شده به قطعه امکان مشاهده ترک ها در سطح و یا زیر سطح وجود دارد.



#### مزایای یوک:

- عدم ایجاد جرقه
- عدم گرم شدن قطعه
- قابلیت از بین رفتن میدان مغناطیسی پس از قطع شدن جریان
- دارای زانوهای متحرک
- امکان وارد کردن میدان های مغناطیسی بسیار قوی
- امکان بازرسی قطعات رنگ شده



**نکته :** همیشه میدان مغناطیسی ناشی از جریان DC دارای قدرت بیشتری بوده و تا عمق ۶ میلی متر در این روش قابل مشاهده است.

**نکته :** تست کالیبره کردن یوک عبارت است از بررسی میزان قدرت مغناطیسی در یوک که از تکنیک بلند کردن وزنه استفاده می شود. اگر یوک بتواند در هنگام اعمال جریان AC چهار و نیم کیلو و در هنگام DC هجده کیلو فولاد را بلند کرد ، برای آزمون MT مناسب است.

### مغناطیس زدایی :

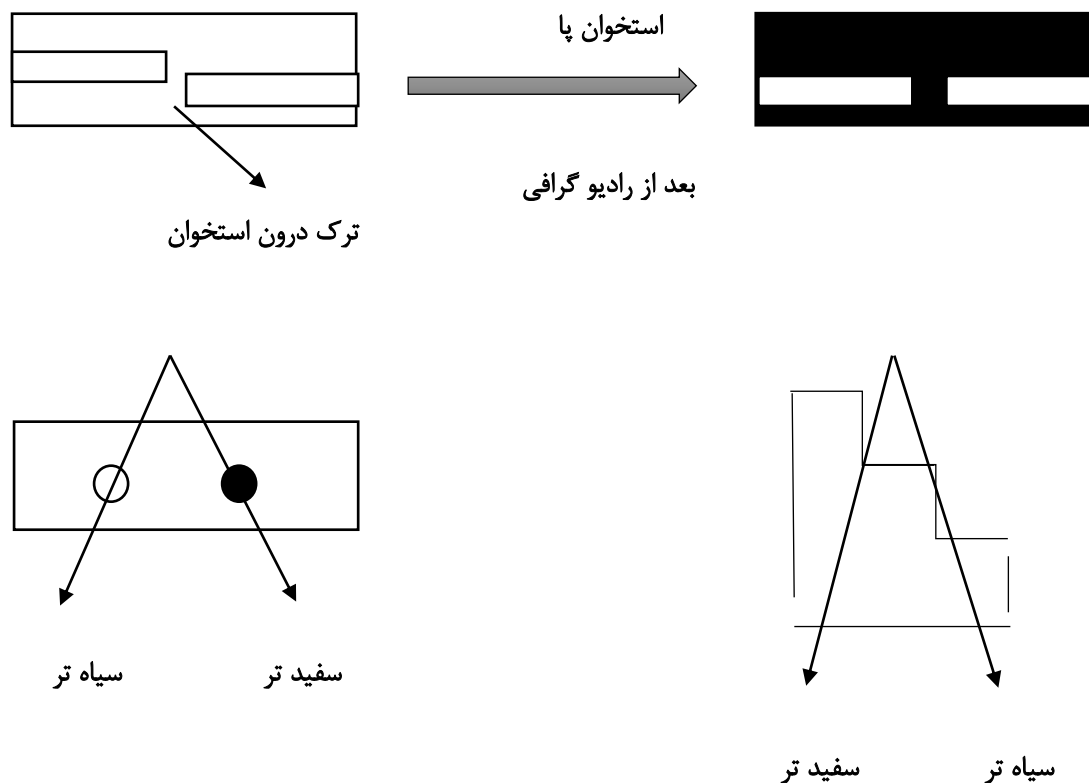
برای جلوگیری از جذب گرد و غبار فلزی توسط قطعه ، حتما پس از آزمون باید قطعه ، مغناطیس زدایی شود چون جذب ذرات فلزی می تواند موجب جذب رطوبت و ایجاد خوردگی موضعی ، موجب ورود به قطعاتی که بعدا جوشکاری می شوند ، موجب ایجاد سایش بیشتر در بین چرخ دنده ها ، از بین بردن کیفیت سطحی قطعاتی که بعدا باید تراشکاری شوند و یا سایش در شفت ها مخصوصا در نزدیکی یاتاقان ها مس شود.

### روش های مغناطیس زدایی :

- (۱) اعمال میدان مغناطیسی مخالف و کاهش میدان مغناطیسی در یوک تا رسیدن آن به صفر
- (۲) عملیات حرارتی قطعه ، حرارت دادن تا بالای دمای کوره
- (۳) استفاده از تکنیک چکش کاری قطعات ضخیم ۰,۱ تا ۰,۲ میلی متر

### رادیو گرافی :

اصول روش رادیو گرافی عبور اشعه X و یا گاما و رسیدن این اشعه به فیلم می باشد . هر چقدر اشعه بیشتری به به فیلم برسد ، فیلم سیاه تر شده و بر عکس رسیدن اشعه کمتر موجب سفید شدن فیلمی شود. برای مثال در عکس های رادیو لوژی چون استخوان دارای چگالی بیشتری می باشد سفیدتر از بقیه نقاط اطراف در فیلم مشاهده می شود. به عبارت دیگر به دلیل چگالی بالاتر استخوان نور کمتری به فیلم رسیده و فیلم کمتر می سوزد .



### انواع پرتو های استفاده شده در روش RT :

به طور کلی اشعه ایکس و گاما برای رادیو گرافی استفاده می شود که اشعه گاما به دلیل انرژی بالاتر دارای قدرت نفوذ بیشتری در مواد بوده و توانایی بازرسی قطعات بسیار ضخیم را خواهد داشت.

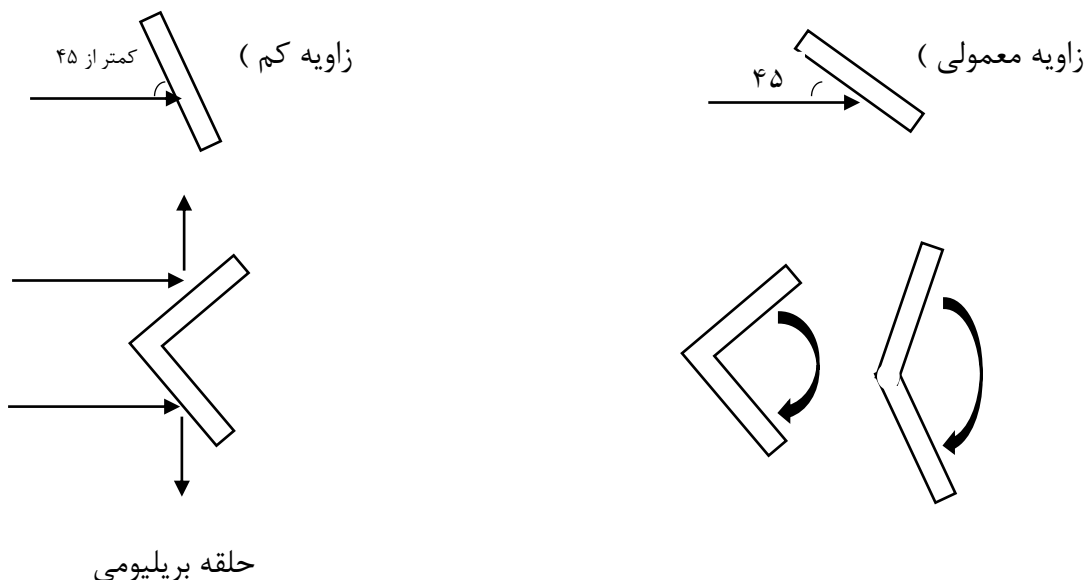
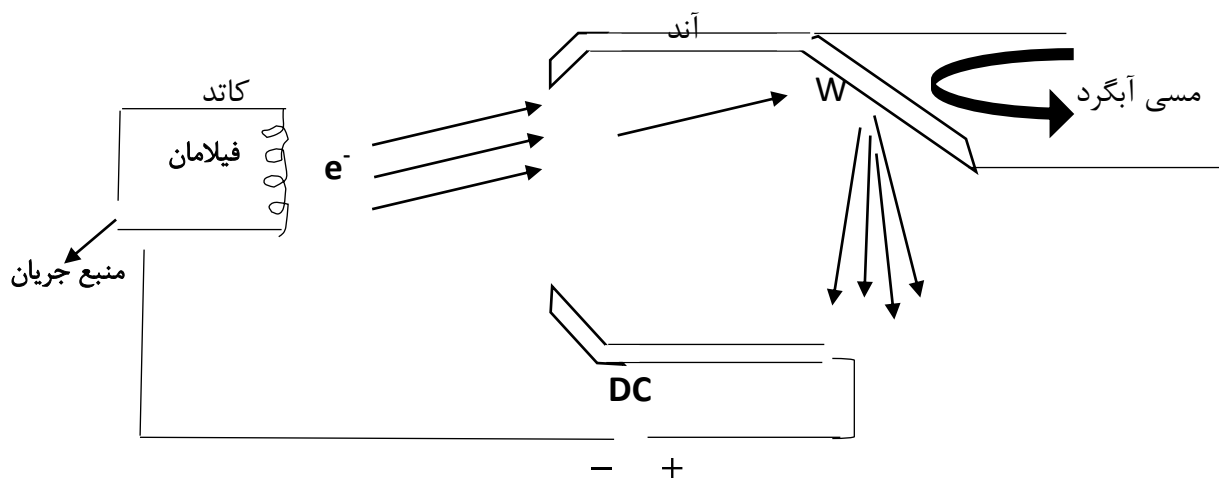
### منابع تولید پرتو X :

پرتو ایکس ناشی از برخورد بسیار شدید الکترون به یک فلز هدف و بدون الکترون لایه ظرفیت آن یک درجه بالاتر می باشد. پس از برگشت الکترون به جای اول خود پرتو X تشکیل می شود. این پرتو اولین بار توسط رونتگن کشف شد و چون با امکانات آن روزها قابل شناسایی نبود به نام پرتو X و یا ناشناخته معروف شد. تیوب اشعه X شامل یک فیلامان که به جریان AC متصل است و در اثر اعمال جریان که حدود ۱۵ ولت می باشد رشته تنگستنی فیلامان گرم شده، از طرف دیگر یک جریان DC بین فیلامان و آند اعمال می شود که بالای ۱۰ کیلو ولت ولتاژ دارد. قطب منفی این جریان به فیلامان و قطب مثبت جریان به آند متصل می شود. در اثر اعمال این جریان الکترون ها از فیلمان کنده شده و به سرعت به سمت آند حرکت میکنند. تعداد کمی از الکترون ها جذب آند می شوند اما الکترون های سرعت بالا از وسط آند عبور کرده و به هدف تنگستنی (TARGET) برخورد می کند. در اثر این برخورد و انتقال الکترون های تنگستنی به یک لایه بالاتر

و برگشت آنها به جای خود ، اشعه X تولید می شود. بالای ۹۰٪ انرژی الکترونهاى برخورد کننده به گرما تبدیل می شود و کمتر از ۱۰٪ آن تبدیل به اشعه X می شود. برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد target تنگستنی آنرا به یک قطعه آبگرد مسی وصل می کنند تا گرمای ایجاد شده از تنگستن خارج شود تا اینکه ذوب یا تبخیری اتفاق نیافتد.

### انواع Target های تنگستنی :

اختلاف target های مختلف در زاویه قرار گیری و شکل آنها می باشد . نکته مشترک در همه آنها زاویه دار بودن صفحه تنگستنی است.



### منابع پرتوهای گاما :

منابع پرتو گاما به دو صورت طبیعی و مصنوعی هستند.

عنصری مانند رادیوم، رادون و..... که در طبیعت وجود دارند خودبخود اشعه گاما تولید می کنند اما به دلیل شدت بسیار زیاد اشعه حتی از ضخامت های بسیار زیاد سرب عبور کرده و در نتیجه بسیار برای انسان خطرناک می باشد و حمل و نقل بی خطر آنها تقریباً امکان ناپذیر است منابع مصنوعی اشعه گاما ایزوتوپ های مصنوعی می باشند که با تابش نوترون (N) تولید میشود برای مثال کبالت که دارای عدد جرمی 59 می باشد با تابش نوترون به آن ها تبدیل به کبالت 60 میشود. در صورتی که تابش N متوقف شوند، کبالت 60 تمایل دارد برای کاهش انرژی خود به حالت اولیه بازگردد و N اضافی را خارج کند. در نتیجه کاهش انرژی در این واکنش اشعه گاما را تولید می کند که با رابطه زیر میتوان این موارد را خلاصه کرد :



در صنعت معمولاً از دو ایزوتوپ  $\text{Co}^{60}$  و  $\text{Ir}^{192}$  استفاده میشود. (نیمه عمر )

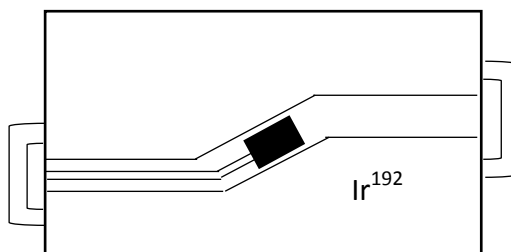
**نیمه عمر :** مدت زمان لازم برای نصف شدن شدت اشعه گاما تولیدی از یک ایزوتوپ را نیمه عمر گویند.

**نکته:** در  $\text{Co}^{60}$  میزان نیمه عمر ۵/۳ سال و  $\text{Ir}^{192}$  ، ۷۴ روز می باشد.

$\text{Co}^{60}$  انرژی بسیار بالایی دارد و در نتیجه برای حمل و نقل آن از مخازن بسیار ضخیم استفاده می شود و بدلیل سنگین بودن ، این تجهیزات قابل حمل بوسیله انسان نخواهد بود.  $\text{Co}^{60}$  معمولاً برای رادیو گرافی مقاطع بسیار ضخیم استفاده می شود اما  $\text{Ir}^{192}$  به علت شدت اشعه پایین نیاز به محافظت چندان زیادی ندارد و محفظه آن قابل حمل توسط انسان می باشد.

### تفاوت بین اشعه ایکس و گاما :

اصلی ترین منابع اشعه ایکس و گاما ، عدم نیاز منابع گاما به جریان الکتریسیته می باشد و همچنین به دلیل روشن و خاموش شدن سریع اشعه ایکس و کیفیت تصاویر از نظر وضوح، بهتر از اشعه گاما می باشد .



## مزایای پرتو گاما :

- کوچک و قابل حمل بودن چشمه گاما و امکان استفاده در مکان های مختلف را به ما می دهد.
- بر خلاف پرتو ایکس به به جریان الکتریسیته احتیاج ندارد بنابراین : اولاً خطر برق گرفتگی وجود ندارد , دوماً در مکانهایی که دسترسی به اشعه ایکس وجود ندارد می توان از این پرتو استفاده نمود.
- با توجه به قدرت نفوذ بالای اشعه گاما , امکان استفاده در قطعات ضخیم و بزرگ وجود خواهد داشت.
- با توجه به کوچک بودن اندازه چشمه پرتو گاما, امکان رادیو گرافی لوله هایی با قطر کم وجود دارد.
- هزینه خرید منبع گاما در ابتدا بسیار کمتر می باشد اما با توجه به نیاز به تعویض منبع پس از زمان نیمه عمر در نهایت هزینه آن از منبع اشعه ایکس بیشتر است.
- هزینه نگهداری ( هزینه های لازم برای جابجایی و هزینه های برق مصرفی و ...) بسیار پایین است.

## معایب پرتو گاما :

- تابش دائمی اشعه گاما موجب افزایش خطرات ایمنی در هنگام حمل و استفاده می شود
- احتمال باقی ماندن چشمه اشعه گاما در اثرافتادن آن در محل آزمایش موجب خطرات ایمنی می شود.
- بدلیل اینکه منابع اشعه گاما به محض خروج از محفظه شروع به اشعه پرتو می کنند , میزان نیم سایه عیب در هنگام استفاده از آن بیشتر شده و در نتیجه تصاویر مقداری محوتر می شوند.
- به دلیل غیر قابل تنظیم بودن اشعه گاما نمی توان در قطعات با ضخامت مختلف, مقدار اشعه را تغییر داد.
- بدلیل اینکه توان اشعه گاما به تدریج کاهش می یابد نیاز به آزمودن میزان شدت پرتو و در نهایت تعویض چشمه اشعه گاما پس از مدت زمان مشخص خواهد بودو در زمان ابتدایی استفاده و در اواخر زمان استفاده از چشمه گاما , تصویر واضحی بوجود نیامده و در نتیجه وضوح خوبی بن عیو اطراف آن وجود نخواهد داشت.
- تنها برای مقاطع ضخیم فولادی قابل استفاده بوده , اما درالیاژ های دیگر مانند الومینیوم امکان استفاده وجود نخواهد داشت . در هنگام استفاده از اشعه گاما در مقاطع ضخیم بدلیل کوچک بودن اختلاف % ضخامت , محل جوش وضوح مناسبی از عیب نخواهد داشت.
- به دلیل پدیده پراکنش میزان وضوح تصاویر گرفته شده در مقاطع ضخیم کاهش می یابد.

سوال : دلایل غیر واضح بودن تصویر بدست آمده از اشعه گاما را نام ببرید؟

جواب : مورد ۳, ۵, ۶

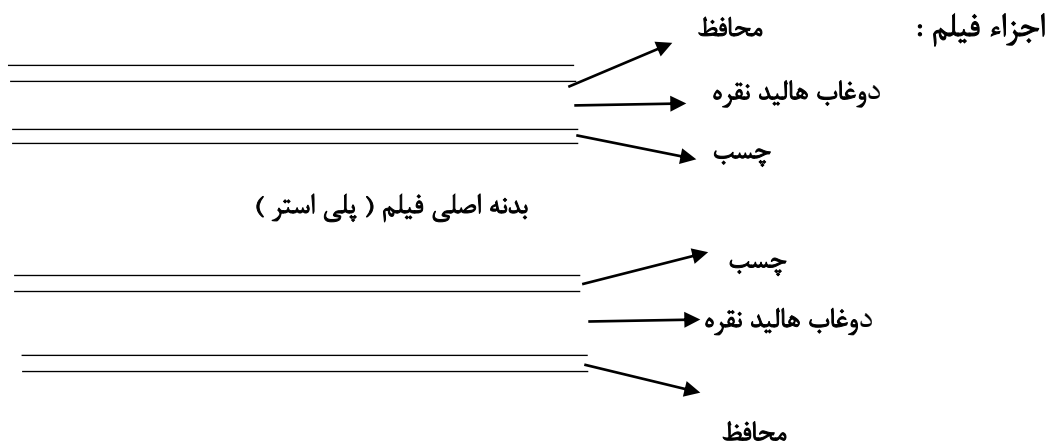
#### مزایای اشعه ایکس :

- با یک کلید در کسری از ثانیه روشن و خاموش می شود. در نتیجه اولاً نیم سلیه ناشی از حرکت چشمه که در اشعه گاما وجود داشت , ایجاد نمی شود و ثانیاً به دلیل زمان کوتاه روشن بودن چشمه خطرات ایمنی را کاهش می دهد.
- قابل تنظیم بودن اشعه ایکس با تغییر ولتاژ دستگاه می باشد . در نتیجه برای ضخامت های مختلف و آلیاژ های مختلف قابل استفاده می باشد .
- مزیت اصلی این روش این است که وضوح بسیار بیشتری نسبت به اشعه گاما , خواهد داشت.

#### معایب اشعه ایکس :

- حمل و نقل مشکل
- نیاز به استفاده از برق در نتیجه در همه مکان ها نمی توان از آن استفاده کرد.
- هزینه اولیه برای خرید بسیار بیشتر از اشعه گاما است.
- هزینه برق مصرفی
- عدم امکان ورود به لوله هایی با قطر کم می باشد .
- خطر برق گرفتگی به دلیل استفاده از ولتاژ سیار بالا
- احتمال شکستن تیوب اشعه در اثر استفاده نامناسب

#### فیلم رادیو گرافی :



**مکانیزم رادیو گرافی در عکس برداری :**

در اثر برخورد اشعه ایکس یا گاما ، هالید نقره به فلز نقره تبدیل می شود.

**مراحل چاپ فیلم رادیوگرافی یا رادیولوژی :**

(۱) **مرحله ظهور :** در این مرحله با استفاده از ماده ظاهر کننده ، مناطق هالید نقره بای مانده و فلز نقره داخل ماده ظهور حل می شود.

(۲) **زمان توقف :** در این مرحله هدف شستن و از بین بردن ماده ظهور از روی فیلم می باشد که معمولاً با آب انجام می شود و سپس انرا بر روی بند آویزان میکنیم تا فیلم خشک شود.

(۳) **مرحله ثبوت :** در این مرحله هالید نقره با استفاده از محلول ثبوت ، واکنش داده و به صورت تیره رنگ در می آید.

(۴) **شستشوی نهایی :** بعد از انجام مرحله ثبوت باید مواد اضافی از روی فیلم را به سرعت شستشو داد چراکه واکنش بیشتر موجب مه گرفتگی فیلم میشود ( مه گرفتگی حالتی بین روشن و تیره میباشد ).

**نکته :** در تمامی مراحل تکان دادن فیلم در سیال مورد نظر برای سریع کردن واکنش ، توصیه می شود.

**شبه عیوب ( Artifact ) :**

شبه عیوب ها حالتی است که عیبی در قطعه وجود نداشته اما در فیلم نهایی این عیب دیده می شود.

**عوامل تشکیل Artifact :**

**الف)** عواملی که قبل از انجام رادیوگرافی موجب تشکیل artifact می شود :

- خراشیدگی فیلم در هنگام ورود به صفحات تشدید کننده
- تا خوردن یا چروکیدگی فیلم
- ایجاد فشار بر روی فیلم که موجب مه گرفتگی می شود
- الوده شدن فیلم به ذرات سربی
- Artifact هایی که در اثر پراکنش ایجاد می شوند

**ب)** Artifact هایی که بعد از فرآیند عکس برداری و قبل از چاپ اتفاق می افتد :

- اثر الکترو استاتیک به هنگام در آوردن فیلم از تشدید کننده موجب جمع شدن مواد ظهور در برخی نقاط می شود.
- باقی ماندن لک اثر انگشت در هنگام در آوردن فیلم از تشدید کننده
- در آوردن فیلم از تشدید کننده قبل از اتاق تاریک

ج) شبه عیوب در هنگام چاپ :

- قطره های ماده ظهور و ثبوت که به هنگام خشک کردن ممکن است از گیرها روی فیلم شره کند.
- جمع شدن ماده ظهور و ثبوت بر روی مناطقی , به دلیل عدم تکان دادن فیلم
- اثر حباب هوا که ممکن است در برخی نقاط موجب عدم وارد شدن مواد ظهور و ثبوت به قطعه شود.