



دانشگاه
علمی-کاربردی

تست های غیر مخرب NDT

مقدمه

ضرورت بازرسی

در ماده یا قطعه در حین ساخت، انواع نقصها با اندازه های متفاوت ممکن است به وجود آید که ماهیت و اندازه دقیق این نقص، کارکرد آتی قطعه را تحت تاثیر قرار می دهد. نقصهای دیگری مانند ترکهای ناشی از خستگی یا خوردگی، در حین کار با ماده نیز ممکن است به وجود آید. بنابراین برای آشکارسازی نقصها در مرحله ساخت و همچنین برای آشکارسازی و مشاهده آهنگ رشد آنها در حین عمر کاری هر قطعه یا مجموعه بایدتست هایی انجام داد.

تست های غیر مخرب (NDT) Non Destructive Tests

تست های مخرب (DT) Destructive Tests



تست های غیر
مخرب

• هر گونه تستی که موجب آسیب دیدن قطعه نشود و کارایی آن را پس از آزمایش از بین نبرده یا کاهش ندهد آزمون غیر مخرب گفته می شود.

تست های مخرب

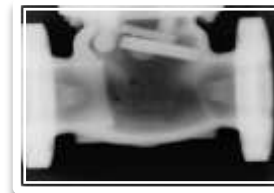
• هر گونه تستی که موجب آسیب دیدن قطعه شود و کارایی آن را پس از آزمایش از بین برده یا کاهش دهد آزمون مخرب گفته می شود.

NON DESTRUCTIVE TESTS (NDT)



6- بازرسی سختی سنجی HT

5- بازرسی رادیوگرافی RT



4- بازرسی آلتراسونیک UT

3- بازرسی با ذرات مغناطیسی
MT



2- بازرسی بامایع نافذ PT

1- بازرسی چشمی VT





NON DESTRUCTIVE TESTS (NDT)

علل استفاده از NDT :

- ▶ ۱- کم کردن ضایعات تولید :
- ▶ بهبود خواص قطعه
- ▶ کاهش هزینه ها در اثر کم شدن ضایعات

- ▶ ۲- افزایش اطمینان مشتری و سازنده نسبت به محصول تولیدی

- ▶ ۳- افزایش ایمنی کارگرو مشتری.



visual test

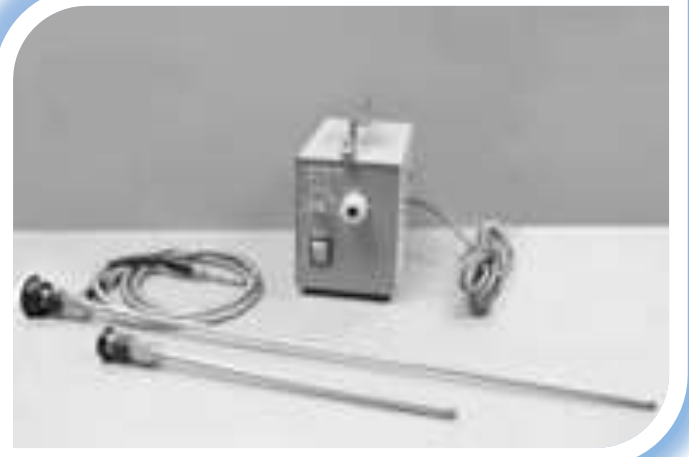
وسایل مورد استفاده برای چشم مسلح

□ Mini TV



Visual test

Glasses mounted Monitor



visual test

- ❖ آزمون چشمی به عنوان اولین تست و یا در بعضی موارد به عنوان تنها متد بازرسی ، استفاده می شود.
- ❖ آزمون چشمی روشی برای شناسایی نواقص و معایب سطحی می باشد.
- ❖ بازرسی چشمی سطوح معیوب در مراحل ساخت اتفاق می افتد
- ❖ کشف و تعمیر این عیوب در زمان فوق، کاهش هزینه قابل توجهی را در بر خواهد داشت.
- بطوری که نشان داده شده است بسیاری از عیوبی که بعدها با روشهای تست پیشرفته تری کشف می شوند، با برنامه بازرسی چشمی قبل، حین و بعد از ساخت به راحتی قابل کشف می باشند.



VISUAL TEST

- ▶ کاربردهای بازرسی چشمی
- ▶ برخی از این کاربردها عبارتند از :
 - ❖ تشخیص عیوب سطحی نظیر خراشیدگی، زبری سطح و نواحی بدون رنگ یا پوشش.
 - ❖ تشخیص ترک، تخلخل، خوردگی و یا سایر عیوب سطحی
 - ❖ اندازه گیریهای ابعادی
 - ❖ اندازه گیری دقت
 - ❖ تشخیص جسم خارجی
 - ❖ موقعیت یابی اجزا



visual test

▶ مزایا:

- ▶ ۱- ارزان ترین و ساده ترین روش .
- ▶ ۲- این روش را می توان در طی تمامی مراحل تولید و ساخت و بعد ساخت بکار گرفت.
- ▶ ۳- روش مناسب NDT را به کمک این روش تعیین می شود .
- ▶ ۴- کاهش هزینه ها.

▶ محدودیت ها:

- ▶ ۱- عیوب زیر سطحی قابل شناسایی نمی باشد .
- ▶ ۲- بکار گیری به تجربه شخص بستگی دارد .
- ▶ ۳- در صورت غفلت بازرس خطا زیاد است .

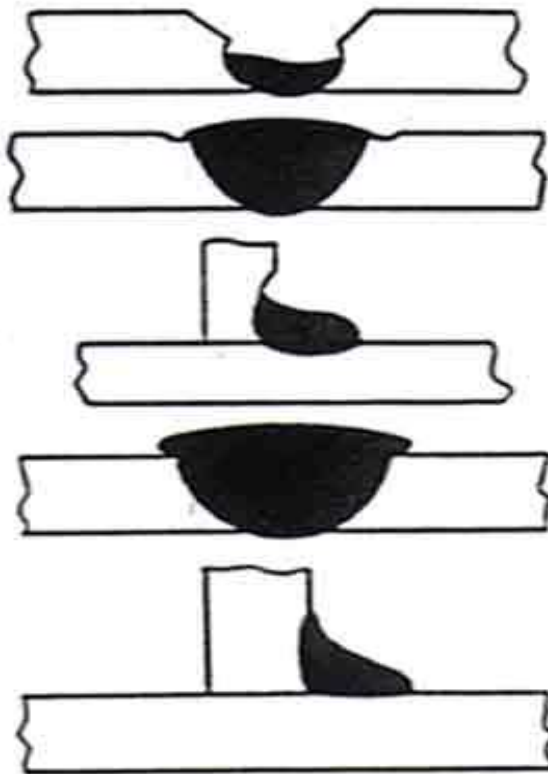
visual test

▶ نمونه هایی از بازرسی چشمی:



▶ این عیوب به روش چشمی

▶ قابل رویت هستند:



تخریب لوله در اثر انبساط آب
درون لوله



Penetrant Test

▶ بازرسی نافذ:

- ▶ برای شناسایی عیوب سطحی از قبیل ترک ها ، انقباض ها و حفره هایی که به سطح باز میشوند
- ▶ برای هر دو مواد مغناطیسی و غیر مغناطیسی به کار برد اما کاربرد عمده آن برای مواد غیر مغناطیسی است.
- ▶ می توان برای هرگونه مواد یکنواختی که متخلخل نیستند از قبیل فلزات، شیشه، پلاستیک و برخی مواد سرامیکی به کار برد.

- ▶ نافذها معمولا با غوطه ور کردن، اسپری کردن، برس زدن به سطح قطعه اعمال میشوند. مایع نافذ با واکنش مویبینگی قوی به داخل ترکهای سطحی کشیده می شود. بعد آنکه به نافذ فرصت کافی داده شد (معمولا بین ۵ تا ۳۰ دقیقه) که به داخل نفوذ کند مایع باقی مانده روی سطح با شستن یا پاک کردن برداشته می شود. بدین طریق نافذ در کلیه عیوب سطحی باقی می ماند. در این زمان یک پودر خشک یا مخلوط معلق پودر در مایع به سطح قطعه زده می شود. این پودر ظاهر کننده مانند یک اسفنج عمل کرده و نافذ داخل درزها را بخود می کشد و محل نشانه نافذ را به صورت بزرگتر نشان می دهد. برای تکمیل عمل بازرسی، یک روش برای این کار استفاده از اختلاف رنگ نافذ با پودر ظاهر کننده است. ترکیب نافذ قرمز و ظاهر کننده سفید رنگ بسیار معمول است. روش دیگر استفاده از نافذ فلورسنت است.

- ▶ باید توجه داشت که عملیات بازرسی را بعد از گذشت زمان معین (معمولا ۱۵ تا ۳۰ دقیقه) انجام داد تا از خروج مایع نافذ از درزها توسط ظاهر کننده اطمینان حاصل شود.



Penetrant Test

- ▶ در حالت اول به طور معمول برای رنگین نمودن مایع از رنگ قرمز استفاده میشود که با نور روز یا نور مصنوعی قابل دید باشد، ولی در حالت دوم برای دیدن ترکها و درزها باید از نور فرابنفش استفاده شود.
 - ▶ بازرسی نافذ فلورسنت برای شناسایی ترکها و انقباض ها در قطعات ریختگی، ترک ها در ساخت و سنگ زنی ابزارهای کاربردی، ترک ها و حفره ها در قطعات جوشکاری شده، ترک های توربین های گازی و بخاری، ترکهای سرامیکهای عایق شمع ها و قطعات الکترونیکی به کار می رود به طور کلی در صنایع لوله سازی ، خودرو، کشتی سازی و
- ▶ چهار عمل اصلی برای تست:





Penetrant Test

مزایای PT:

- ▶ ۱- عیوب سطحی شناسایی می شود.
- ▶ ۲- به شکل جنس قطعه بستگی ندارد.
- ▶ ۳- ساده و ارزان است.
- ▶ ۴- شکل و اندازه تقریب عیب مشخص است (کمی بزرگتر از عیب).

محدودیت ها:

- ▶ ۱- عیوب زیر سطحی را نشان نمی دهد.
- ▶ ۲- تغییر رنگ دائمی نیست.
- ▶ ۳- مواد مصرفی سمی است.
- ▶ ۴- در ماندن باعث خوردگی می شود.



Penetrant Test

انواع اسپری ها:





Penetrant Test

- ▶ نمونه ای از قطعات عیوب دار تست شده:



MAGNETIC TEST





MAGNETIC TEST

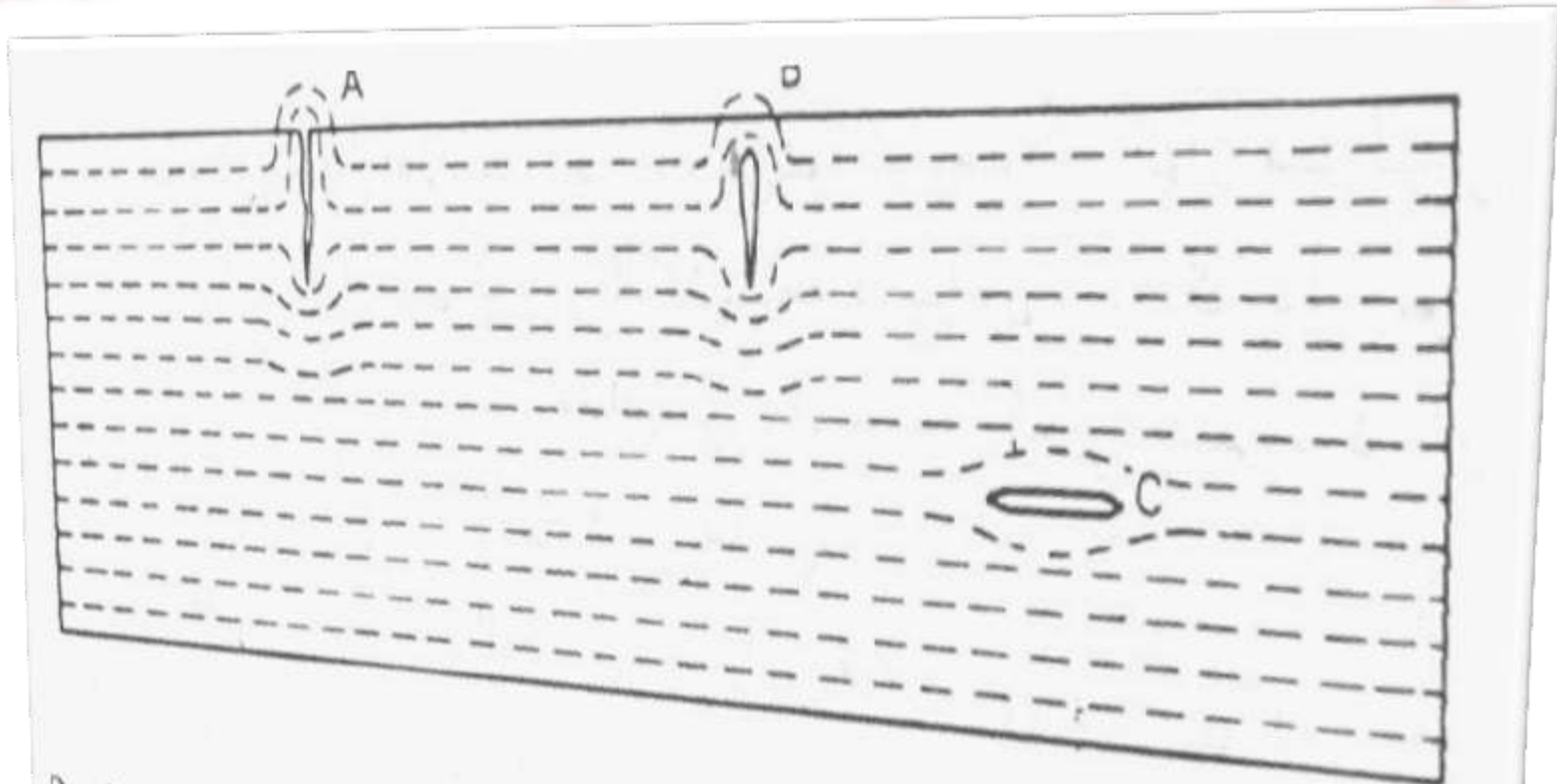
روش تست ذرات مغناطیسی جهت آشکار سازی عیوب سطحی و نزدیک به سطح مواد مغناطیسی شونده (فرومغناطیسی) بکار می رود .

ذرات مغناطیسی یعنی دانه های بسیار ریز پودر آهن نرم (در حدود ۳ تا ۲۰۰ میکرون) که قابلیت جذب شدن توسط میدان مغناطیسی را دارد





MAGNETIC TEST



ترکیابی مغناطیسی، میدانهای نشت سطحی آشکارپذیر که توسط نتهای A و B
وجود آمده‌اند. نقص C احتمالاً آشکارناپذیر باقی می‌ماند.



MAGNETIC TEST

برای مواد غیر مغناطیسی از این روش نمی توان استفاده کرد.

بازرسی باذرات مغناطیسی ممکن است به روش پسماند یا مداوم یا روش تر یا خشک انجام گیرد

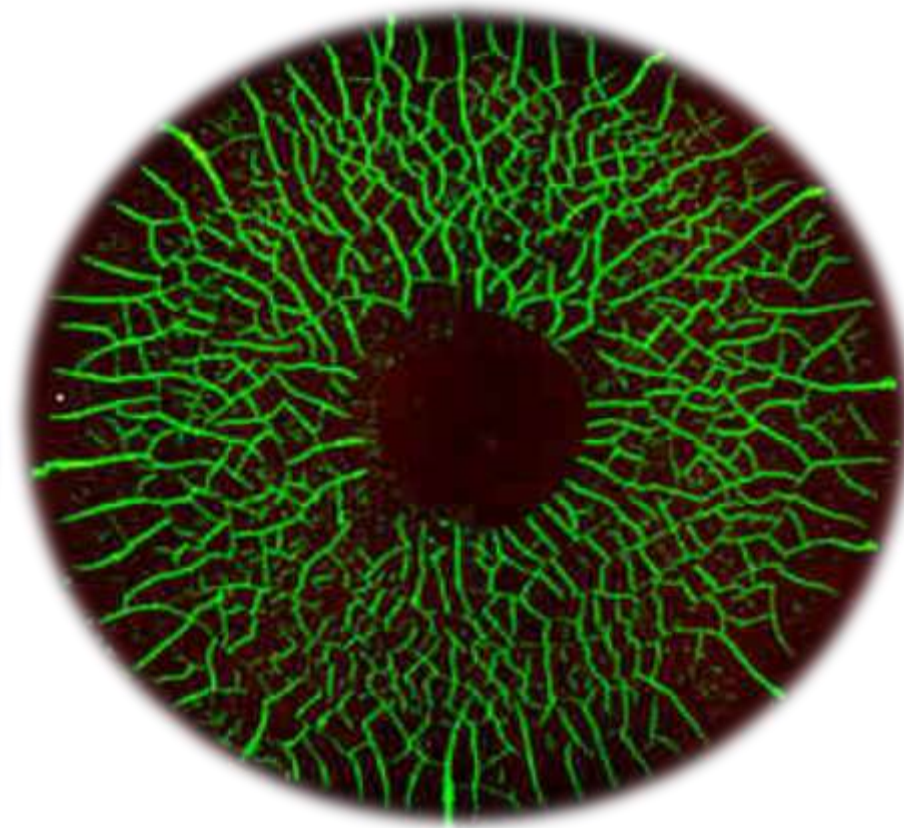
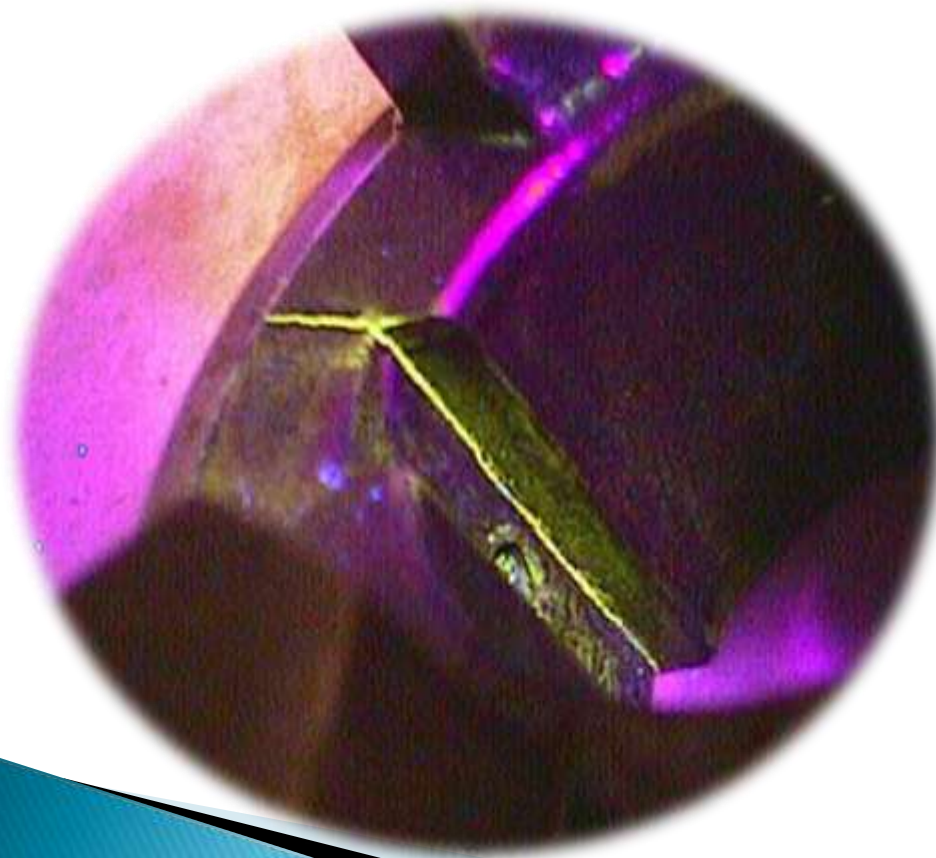
روش ماگناگلو که به وسیله کمپانی ماگنا فلاکس ابداع شده ترکیبی از ازمون های مختلف مغناطیسی است. در این روش مایع مخلوط با ذرات مغناطیسی فلورسنت به روی قطعه کار مغناطیسی شده زده شده، سپس قطعه کار در محل تاریک بازرسی می شود و نشان های عیوب (به علت وجود ماده فلورسنت) خیلی روشن ظاهر می شود.



دانشگاه
شاهرود

MAGNETIC TEST

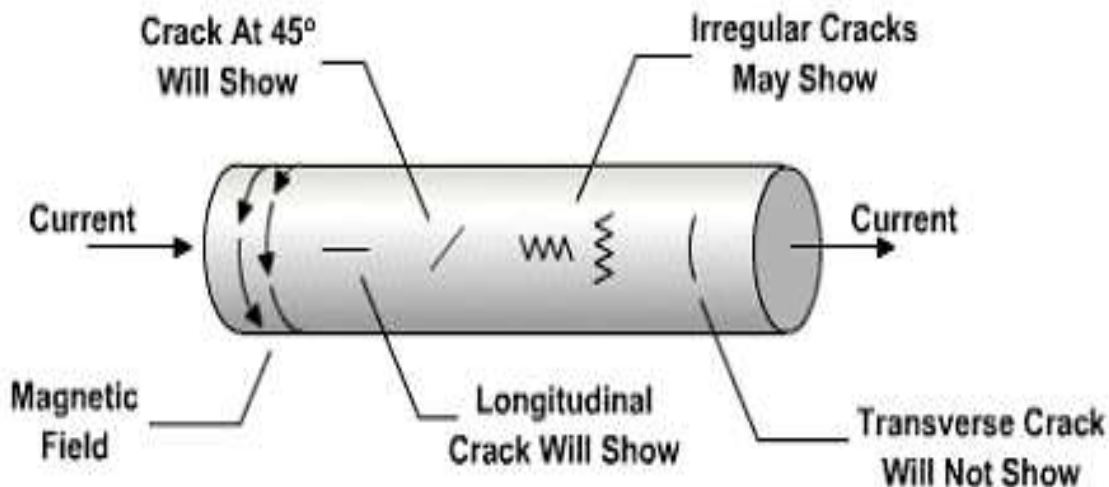
روش ماگناگلو





MAGNETIC TEST

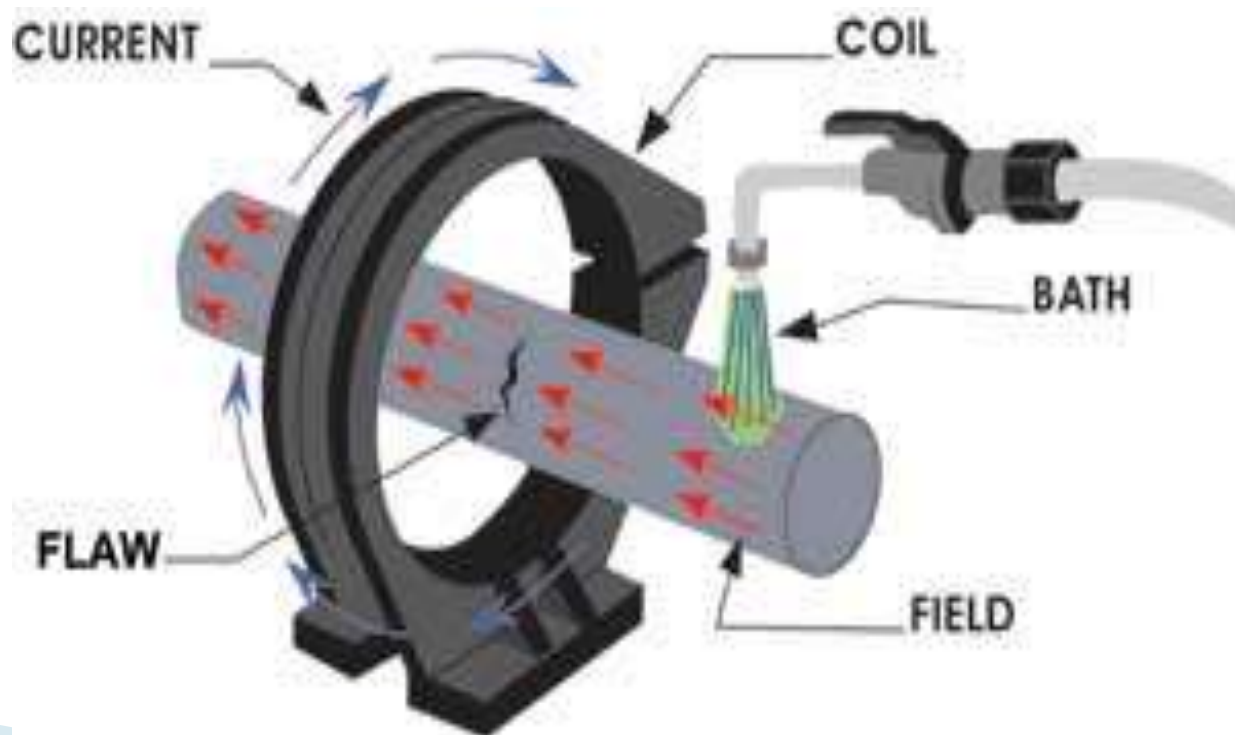
برای آگاهی از وجود تمام عیوب ، جریان مغناطیسی باید عمود بر عیوب باشد معمولاً لازم است قطعه را بیش از یکبار مغناطیس نمائیم. برای قطعات به اشکال نسبتاً ساده اینکار به این ترتیب عملی می شود که برای تعیین عیوب طولی قطعه ، نخست میدان مغناطیسی دوار در آن القا شده و سپس قطعه مغناطیس زدائی و با استفاده از جریان حلقوی و ایجاد میدان طولی در آن ، عیوب غیر طولی آن نیز آشکار سازی می شود.





MAGNETIC TEST

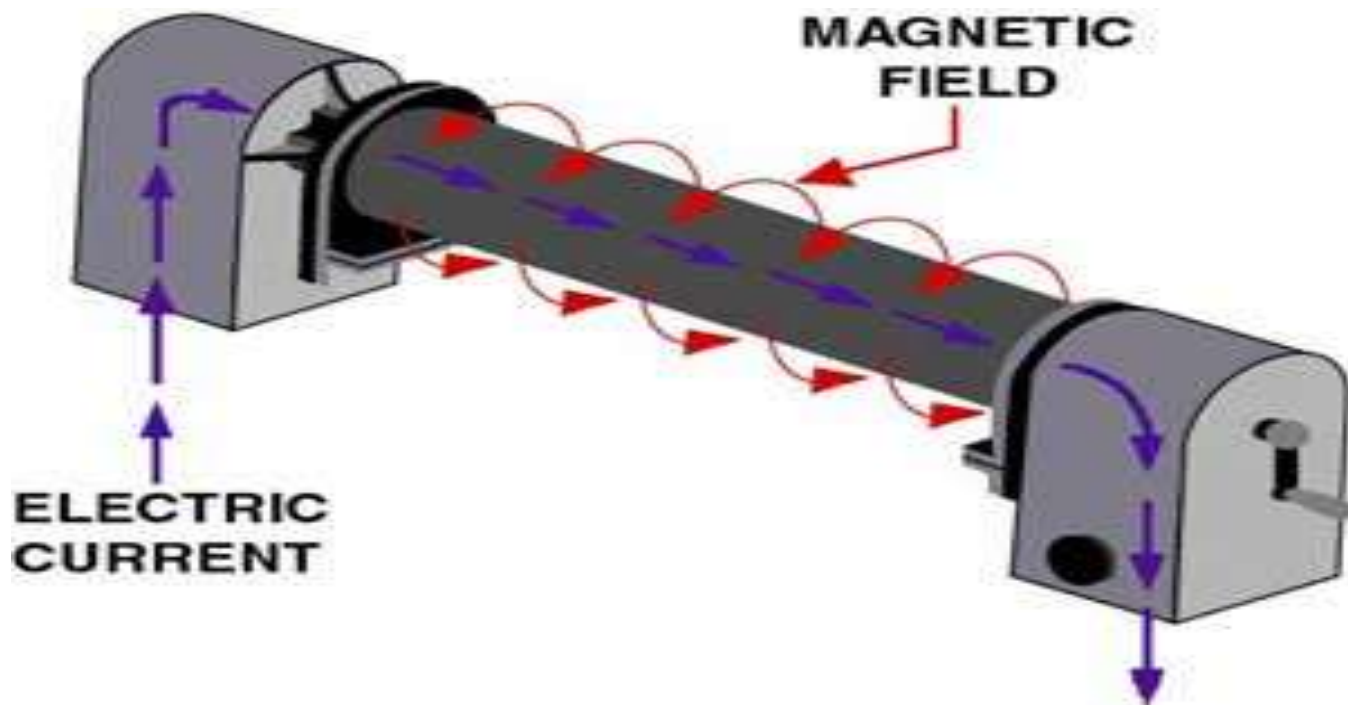
برای مغناطیسی کردن طولی می توان قطعه را در داخل سیم پیچی که بایک جریان الکتریکی تحریک شده طوری قرار داد که محور قطعه موازی محور سیم پیچ باشد، در این صورت میدان مغناطیسی به موازات محور طولی قطعه کار خواهد بود.





MAGNETIC TEST

در حالت مغناطیسی کردن دایروی، همچنان که در شکل زیر نشان داده می شود، با عبور جریان الکتریسیته در طول محور قطعه کار، به سادگی یک میدان مغناطیسی عمود بر محور قطعه تولید می شود.

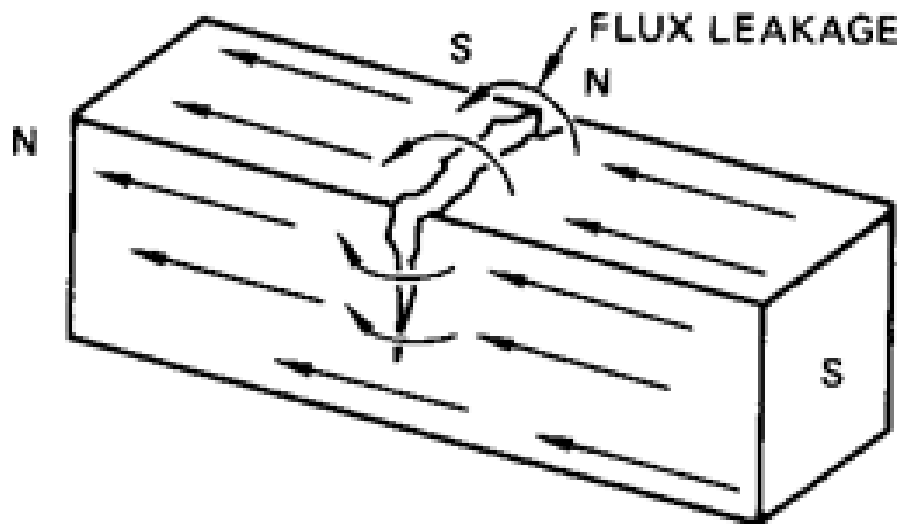




MAGNETIC TEST

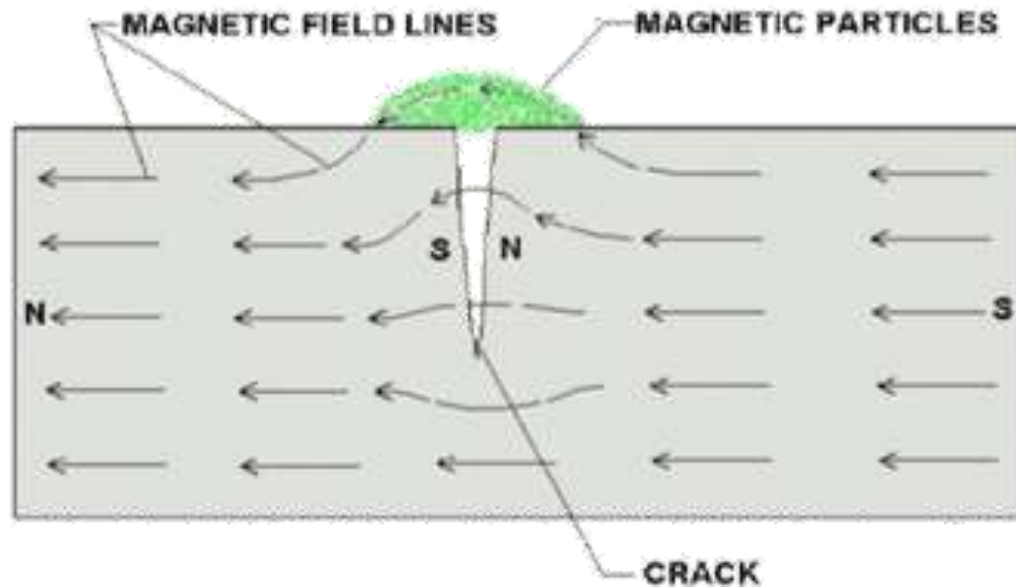
میدان مغناطیسی بطور طبیعی در سطح و زیر سطح فضای پیرامون جاری می شود

اگر در سطح و زیر سطح پیرامون ، در جهت غیر موازی بر امتداد انتشار خطوط مغناطیسی ، ناپیوستگی وجود داشته باشد به دلیل اثر پوسته ، نشت میدان مغناطیسی ، دو سطح با قطب های غیر همنام می باشند این نشتی به شکل پل مغناطیسی در محل ناپیوستگی بوجود می آید .



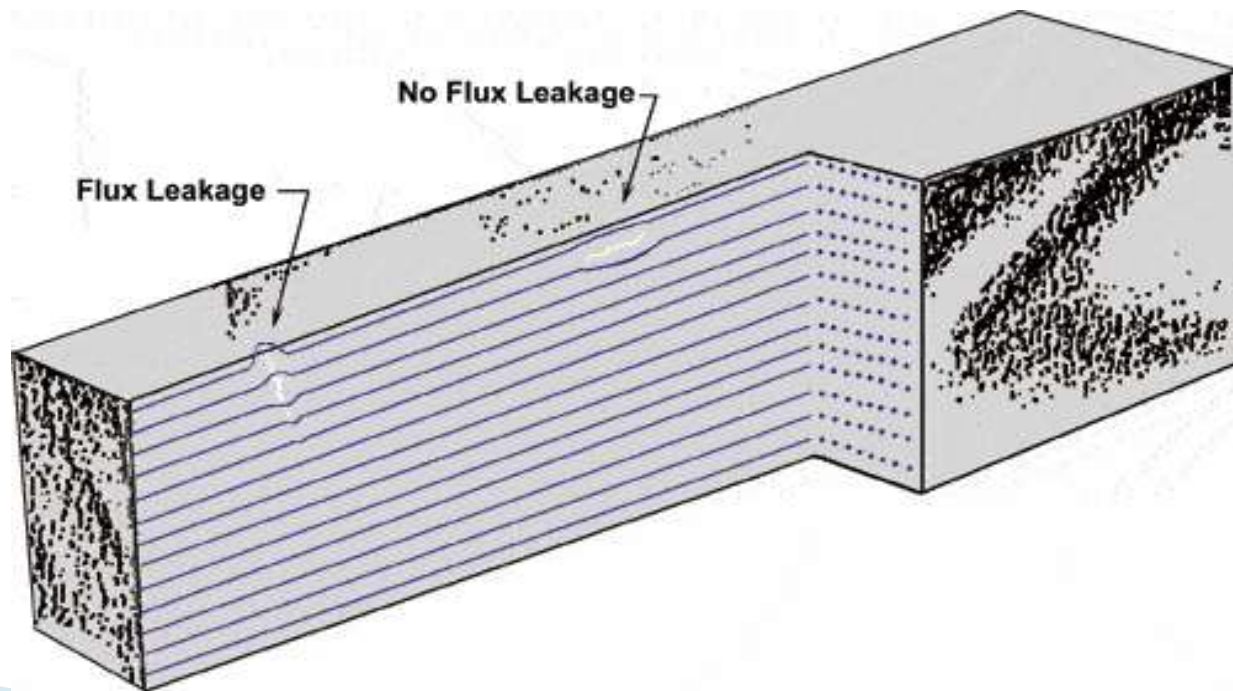
MAGNETIC TEST

اگر ذرات مغناطیسی روی چنین سطحی پاشیده شود جذب میدان نشتی پل مغناطیسی در محل ناپیوستگی خواهد شد و آن را قابل رویت می کند .



MAGNETIC TEST

قابلیت آزمون ذرات مغناطیسی، برای عیب یابی، بستگی به جهت عیوب نسبت به میدان القاء شده در قطعه داشته، و در حالیکه عیب عمود بر امتداد میدان باشد از بیشترین کارائی برخوردار خواهد بود. این مسئله در شکل زیر نشان داده شده است





MAGNETIC TEST

از همه جریان های مستقیم، متناوب و متناوب یکسو شده می توان برای مغناطیس کردن استفاده کرد. برای ردیابی ترکهایی که به سطح قطعه نمی رسند، جریان مستقیم حساس تر از جریان متناوب است. جریان متناوب بریدگی هایی را که به سطح قطعه می رسند ردیابی می کند و هنگامی به کار می رود که فقط ردیابی این نوع معایب مد نظر است. هنگام یکسو کردن، جریان متناوب میدان مغناطیسی نافذ تری تولید میکند

تعیین نشت فلوی مغناطیسی در آزمایش ذرات مغناطیسی به عوامل زیر بستگی دارد:

- 1- اندازه عیوب
- 2- شکل عیوب
- 3- حجم عیوب
- 4- جهت عیوب
- 5- فاصله عیب تا سطح قطعه کار
- 6- نفوذپذیری

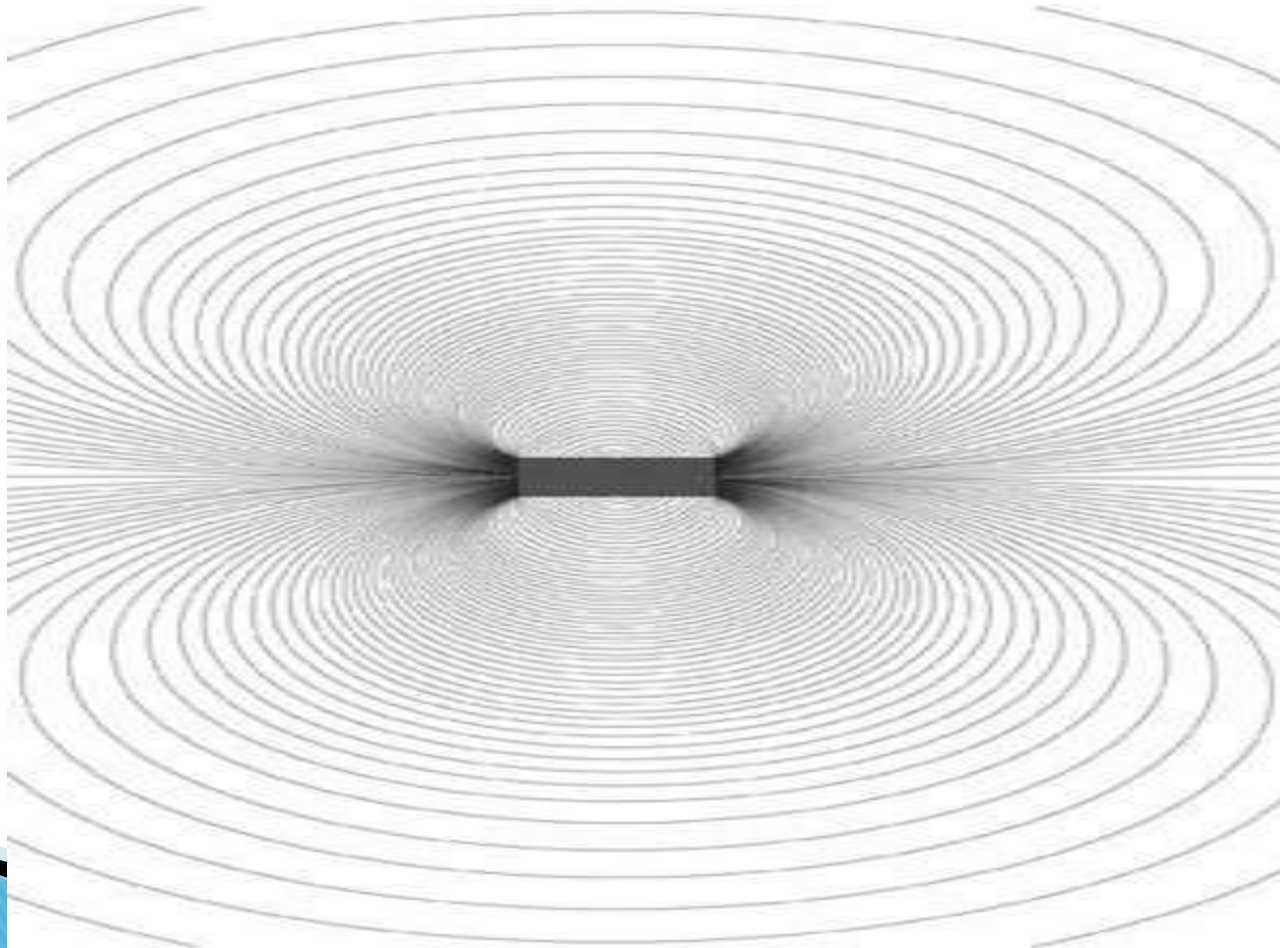


MAGNETIC TEST

فلوی مغناطیسی :

مجموعه کل خطوط مغناطیسی موجود در یک میدان مغناطیسی را بنام فلوی مغناطیسی می

نامیم.





دانشگاه جاج
علمی-کاربردی

MAGNETIC TEST



روش
یوک

روش های معمول مغناطیس کردن

مغناطیس
کردن
بوسیله
کابل



Portable Prod Unit

استفاده
از روش
پراد



MAGNETIC TEST

مقایسه ی پراد با یوک

فواید پراد



شدت میدان مغناطیسی قابل تغییر است

میدان ایجاد شده از جریان AC و DC برای فضای محدود مفید است

از ولتاژ پائین استفاده می شود

قطبی موجود نیست تا ذرات مغناطیسی را جذب کند

شدت جریان قابل کنترل است

شدت جریان قابل اندازه گیری است

فواید یوک



با AC و DC کار می کند

قدرت میدان مغناطیسی قابل کنترل است

از شبکه برق می تواند مستقیم تغذیه گردد

حمل و نقل آسان

به قطعه کار آسیب نمی رساند

با AC می توان مغناطیس زدانی نمود



MAGNETIC TEST

مقایسه ی پراد با یوک

محدودیت پراد



- خطر قوس الکتریکی
- خطر گرمایش بیش از اندازه
- نیاز به ترانسفورماتور سنگین
- امکان روشن کردن آن بدون تولید میدان
- امکان آلودگی قطعه کار بوسیله الکتروود
- زمان برای آماده کردن جهت تماس الکتریکی کامل
- معمولاً استفاده از آن احتیاج به دو نفر اپراتور دارد

محدودیت یوک



- به تغذیه برق نیاز دارد
- فقط میدان طولی ایجاد می کند
- با ولتاژ معینی کار می کند
- قطبهای دستگاه پودر مغناطیسی را جذب می کند
- پایه ها باید سطحی برای تماس داشته باشند



MAGNETIC TEST

تمام قطعات ماشین که برای بازرسی مغناطیسی می شوند باید بعدا تحت عمل مغناطیس زدایی قرار گیرند. اگر این قطعات مغناطیس زدایی نشوند براده ها و تراشه هاوسایر ذرات فولادی را به خود جذب کرده موجب خراش یا تاقان هاوسایر قطعات موتور می شوند.

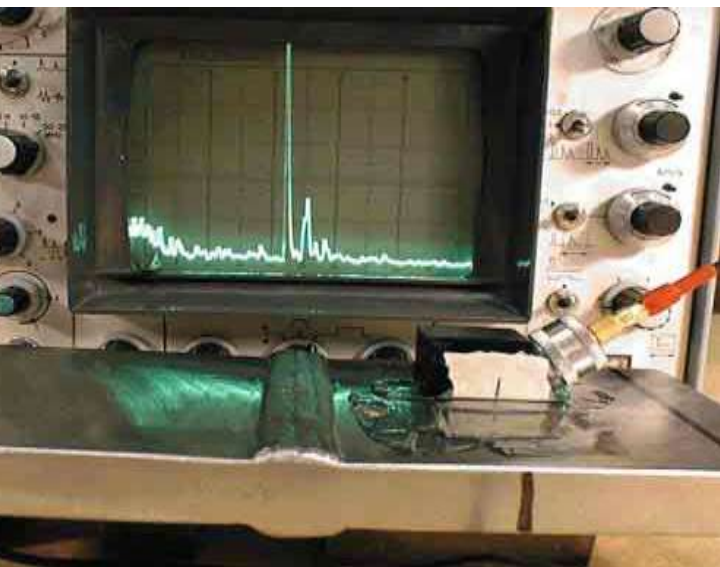
برای مغناطیس زدایی ابتدا جریان را بر قرار می کنیم بعد شدت آن را کم می کنیم.

تشخیص قطعاتی که مغناطیس زدایی نشده اند معمولا با قرار دادن یک قطب نما روی میز مونتاژ انجام می گیرد.



دانشگاه جاج
علمی-کابردی

Ultrasonic Test





Ultrasonic Test

- ▶ در این روش (بازرسی فراصوتي) از امواج فراصوتي برای آشکارسازی عيوب و تعیین محل آنها استفاده می شود. فرکانسهایی که معمولاً در بازرسی فراصوتي مورد استفاده قرار می گیرد در محدوده ۰,۵-۲۵ مگا هرتز قرار دارند. امواج فراصوتي خصوصياتی مانند نور مرئی دارند و می توانند بازتابیده، متمرکز و شکسته شوند. این امواج هنگام عبور از سطح مشترک بین دو محیط بازتابیده می شود. و این ویژگی اساس بازرسی فراصوتي است. به طوري که در صورت وجود هرگونه ناپیوستگی در قطعه، بخشی از امواج فراصوتي بازتابیده شده و با بررسی می توان به محل ناپیوستگیهای پی برد.
- ▶ امواج فراصوتي توسط مواد بلورین که دارای خاصیت پیزو الکتریکی هستند تولید می شود.
- ▶ بازتاب امواج در فصل مشترک هوا- فلز عملاً ۱۰۰ درصد است. و برای انجام بازرسی باید فاصله هوایی بین فلز و پروب پر شود. و برای این منظور می توان از گریس وریکا و روغن استفاده کرد.
- ▶ معمولاً برای بازرسی قطعات فلزي از فرکانسهایی با گستره ۱۰-۲۰ مگا هرتز و برای مواد پلیمری ۲-۵ مگاهرتز استفاده می شود. حالتهاي مختلفی از موج مانند موج طولی یا فشاری، موج عرضی یا برشی و موج سطحی یا ریلی وجود دارد. در یک محیط جامد، هر سه نوع موج طولی، عرضی و سطحی می تواند انتشار یابد. لیکن در مایعات و گازها به علت عدم وجود صلبیت لازم، امواج عرضی و سطحی نمی تواند وجود داشته باشد.



ULTRASONIC TEST

- ▶ پروبهاي مورد استفاده در اين روش در دو نوع عمودي و زاويه ای موجود است. پروب نوع عمودي براي فرستادن موج فشاري تحت زاويه ۹۰ درجه نسبت به سطح استفاده مي شود. از پروبهاي زاويه ای برای فرستادن موجهای برشی یا ریلی استفاده می شود.

▶ پروب عمودی:



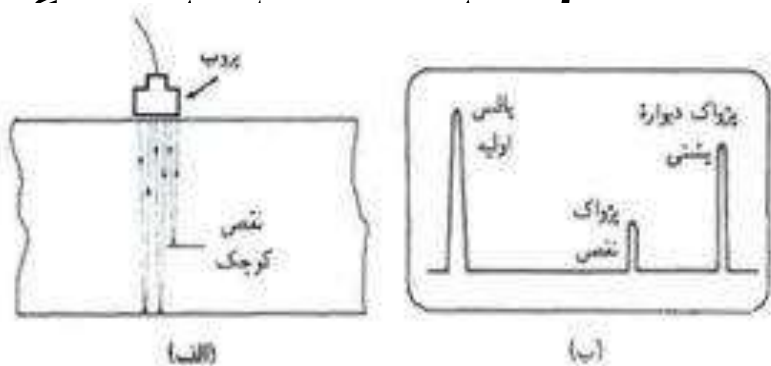
▶ پروب زاويه ای:





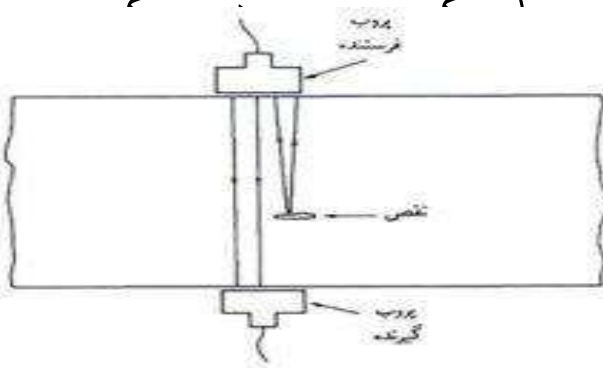
Ultrasonic Test

- ▶ روش انجام بازرسی به دو دسته بازتابی و عبوری تقسیم می شود. در روش بازتابی، امواج فراصوتی از یک سطح و توسط یک پروب به درون قطعه تابیده شده و دریافت امواج بازتابیده شد.



- ▶ شناسایی عیوب به وسیله روش بازتابی

- ▶ با قطعه و دریافت آن م دسترسی به دو سطح مده این روش است.



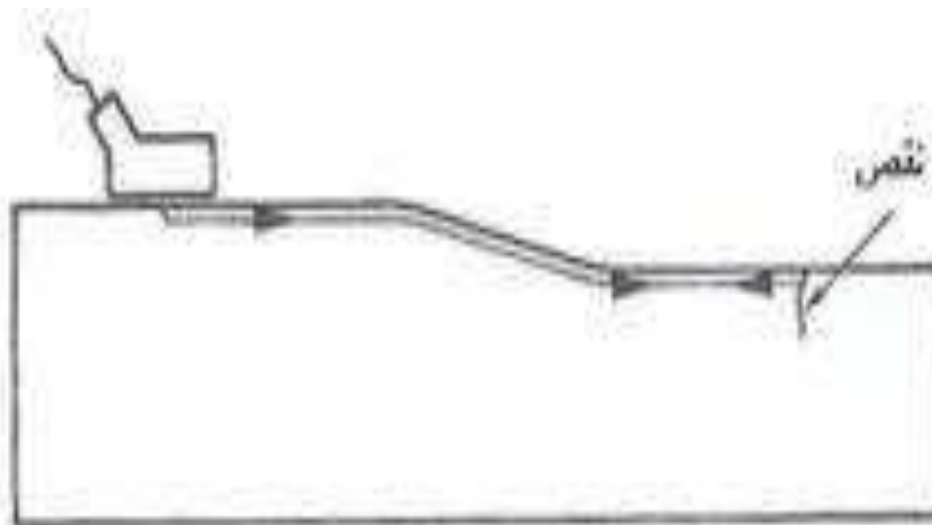
در روش عبوری ارسال امواج توسط پروب دیگری در طرف دیگر قطعه و عدم توانایی تعیین فاصله این روش در شکل زیر نشان داد





ULTRASONIC TEST

- ▶ برای بازرسی سطح قطعه نیز میتوان با استفاده از روش بازتابی و ایجاد امواج سطحی عیوب را آشکار سازی نمود. نحوه آشکار سازی عیوب سطحی توسط این روش در شکل زیر قابل مشاهده است.





ULTRASONIC TEST

مزایا :

- ۱- این روش متداول ترین آزمون است .
- ۲- مکان دقیق عیب را نمایش میدهد .
- ۳- کلیه عیوب (سطحی و زیر سطحی) را به راحتی نمایش میدهد .
- ۴- LOF&LOP را به راحتی نمایش میدهد .
- ۵- قابلیت اتصال به کامپیوتر و پرینتر را دارد .
- ۶- در کلیه مناطق قابل استفاده است .
- ۷- بلافاصله نتایج آزمون مشخص میگردد .
- ۸- آلودگی زیست محیطی ندارد .
- ۹- برای انسان خطر آفرین نیست .

معایب :

- ۱- اپراتور به تخصص بالایی نیز دارد .
- ۲- در تشخیص عیوب بزرگ مشکل دارد (بزرگتر از پراب).
- ۳- نسب به PT , $m t$ گران است .



RADIOGRAPHIC TEST

▶ رادیوگرافی فلزات ممکن است به وسیله استفاده از اشعه ایکس یا اشعه گاما با طول موج کوتاه، که قادر هستند تا ضخامت های نسبتاً زیاد در داخل فلزات نفوذ کنند انجام گیرد.

▶ اشعه گاما را میتوان از یک ماده رادیواکتیو طبیعی از قبیل رادیوم یا یک ایزوتوپ رادیواکتیو مانند کوبالت ۶۰ بدست آورد. تشعشع گاما نافذتر از اشعه ایکس است، اما حساسیت کمتر، کاربرد آن را محدود می سازد و راهی وجود ندارد که منبع را بتوان برای تغییرات یا اختلاف ضخامت تنظیم کرد، بنابراین در اشعه گاما معمولاً مدت تابش دهی بیشتر از اشعه ایکس مورد نیاز است.

▶ اشعه ایکس از بمباران فلزات به وسیله یک جریان سریع الکترونها تولید می شود (ناپایدار کردن الکترونها یک شبکه). هنگامی که الکترونها شبکه می خواهند پایدار شوند، قسمتی از انرژی جنبشی آنها به انرژی تشعشعی یا اشعه ایکس تبدیل می شوند.

▶ اشعه ی ایکس فیلم را طوری تاریک می کند که نواحی با چگالی کمتر که به آسانی اشعه را از خود عبور می دهند در مقایسه با نواحی پر چگالی جسم که اغلب تشعشع را جذب می کنند روی نگاتیو تیره تر ظاهر شوند در نتیجه یک سوراخ یا ترک به عنوان یک ناحیه ی تاریک روی فیلم ظاهر می شود (شکل الف).

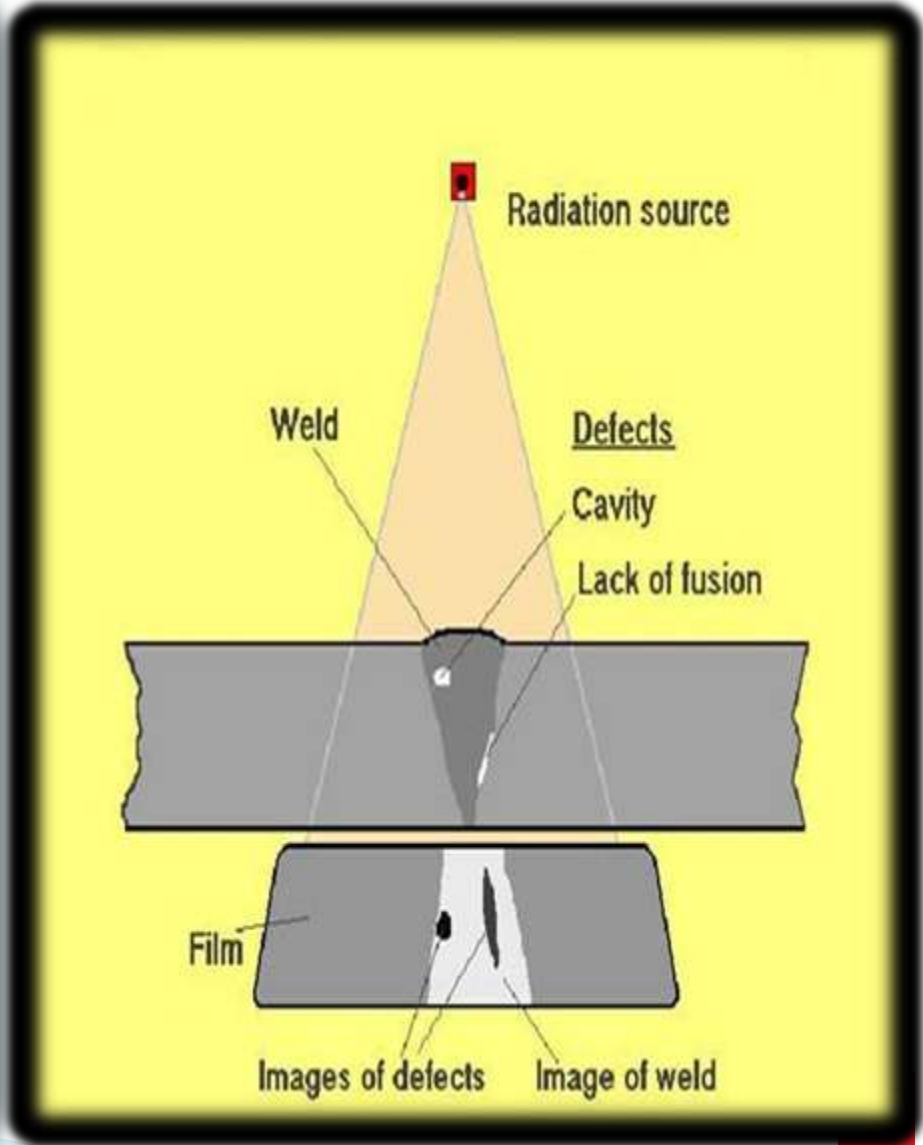
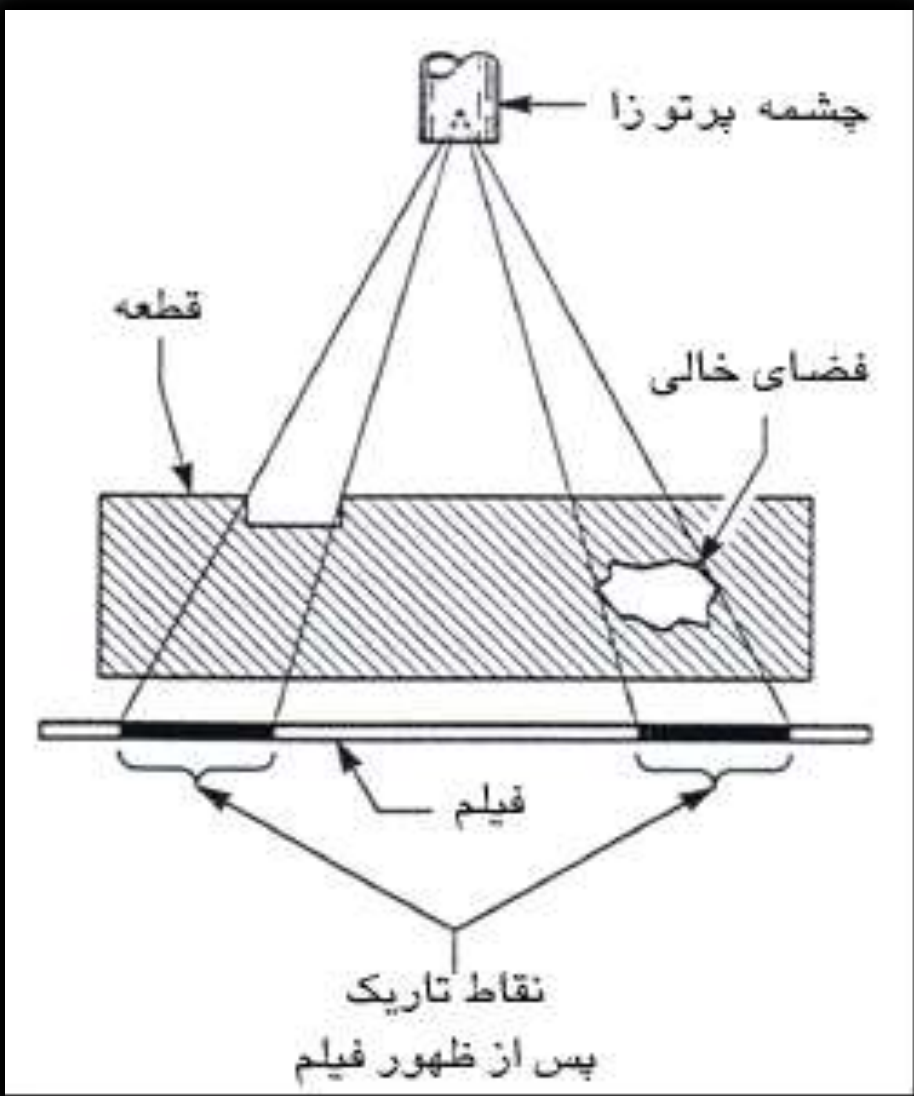
▶ حداکثر تا ۷۵ میلی متر را می تواند با این روش تست نمود .

▶ توجه : در هنگام پرتو نگاری نباید به محل اجرای تست نزدیک شود و تا چند ساعت پس از پرتو نگاری از ورود افراد به محل تست بایستی جلوگیری کرد.



RADIOGRAPHIC TEST

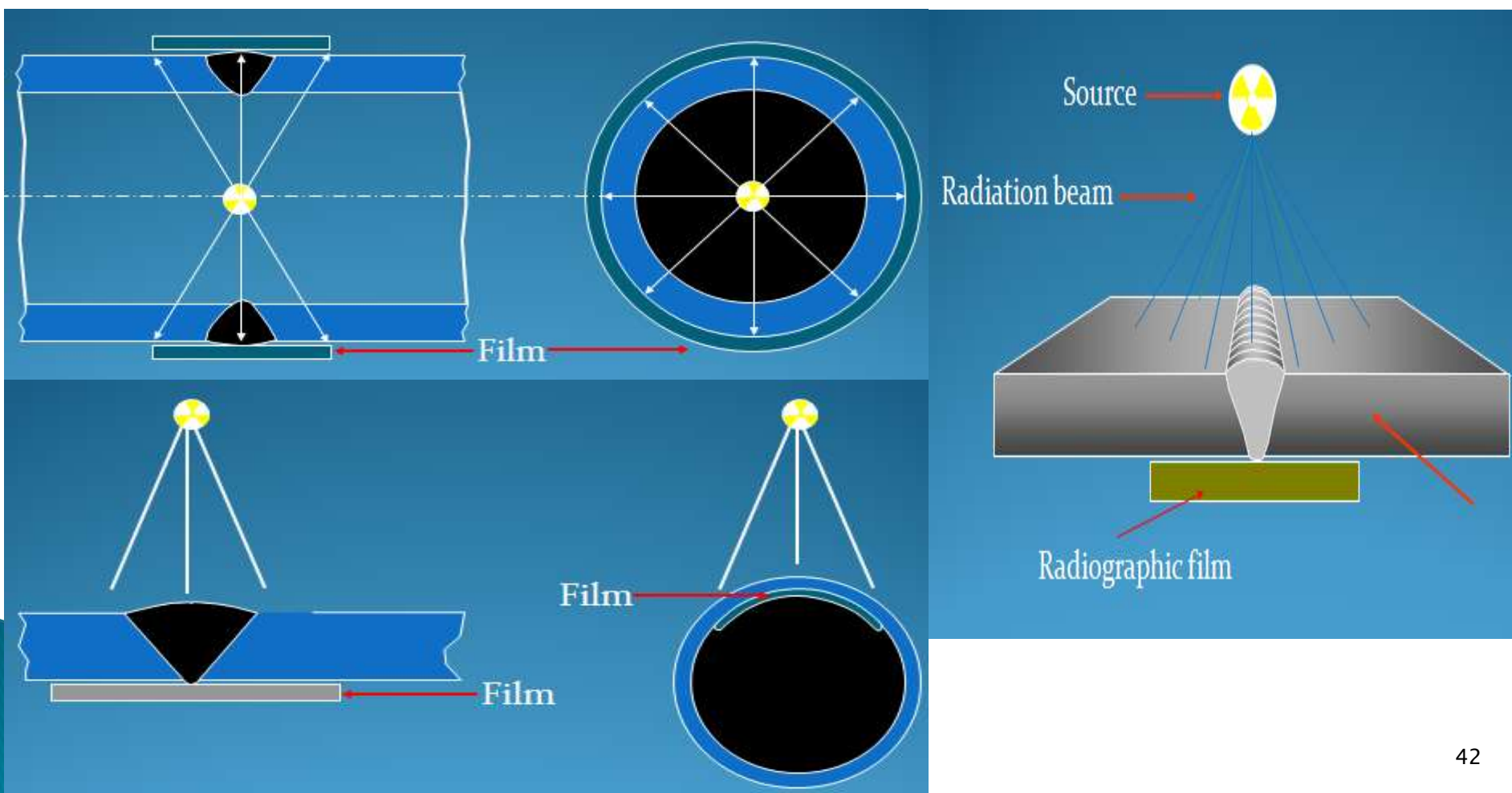
شکل (الف):





RADIOGRAPHIC TEST

شماتیکی نحوه ی انجام چند تست



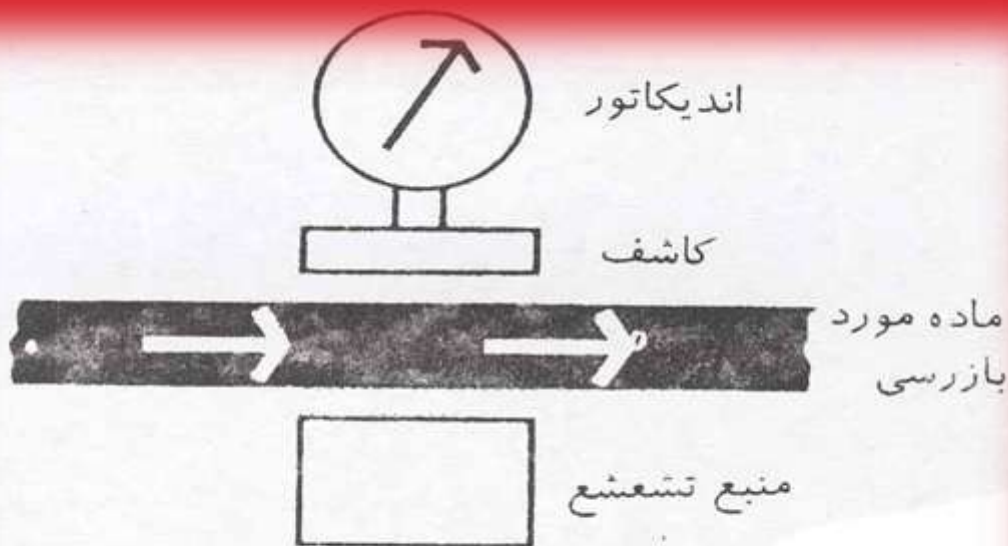


RADIOGRAPHIC TEST

▶ رادیوگرافی فلزات درحالی که اساسا برای بازرسی قطعات ریختگی و تولیدات جوشکاری شده بکار میرود، می تواند برای اندازه گیری ضخامت مواد نیز کاربرد داشته باشد. شکل (ب) شکل شاتیک یک ضخامت سنج تششعی ساده را نشان میدهد. تششع چشمه تحت تاثیر ماده مورد آزمایش قرار میگیرد. با افزایش ضخامت شدت تششعی که به کاشف می رسد کاهش می یابد

▶ اگر حساسیت کاشف به ضخامت های معلوم مدرج شود، درجه های کاشف را می توان برای نشان دادن ضخامت ماده مورد بازرسی به کار برد. بایک مدار فیدبک مناسب، کاشف را میتوان برای کنترل ضخامت در محدوده های از پیش تعیین شده به کار گرفت.

▶ شکل (ب):



یک ضخامت سنج تششعی ساده



RADIOGRAPHIC TEST

مزایای این روش:

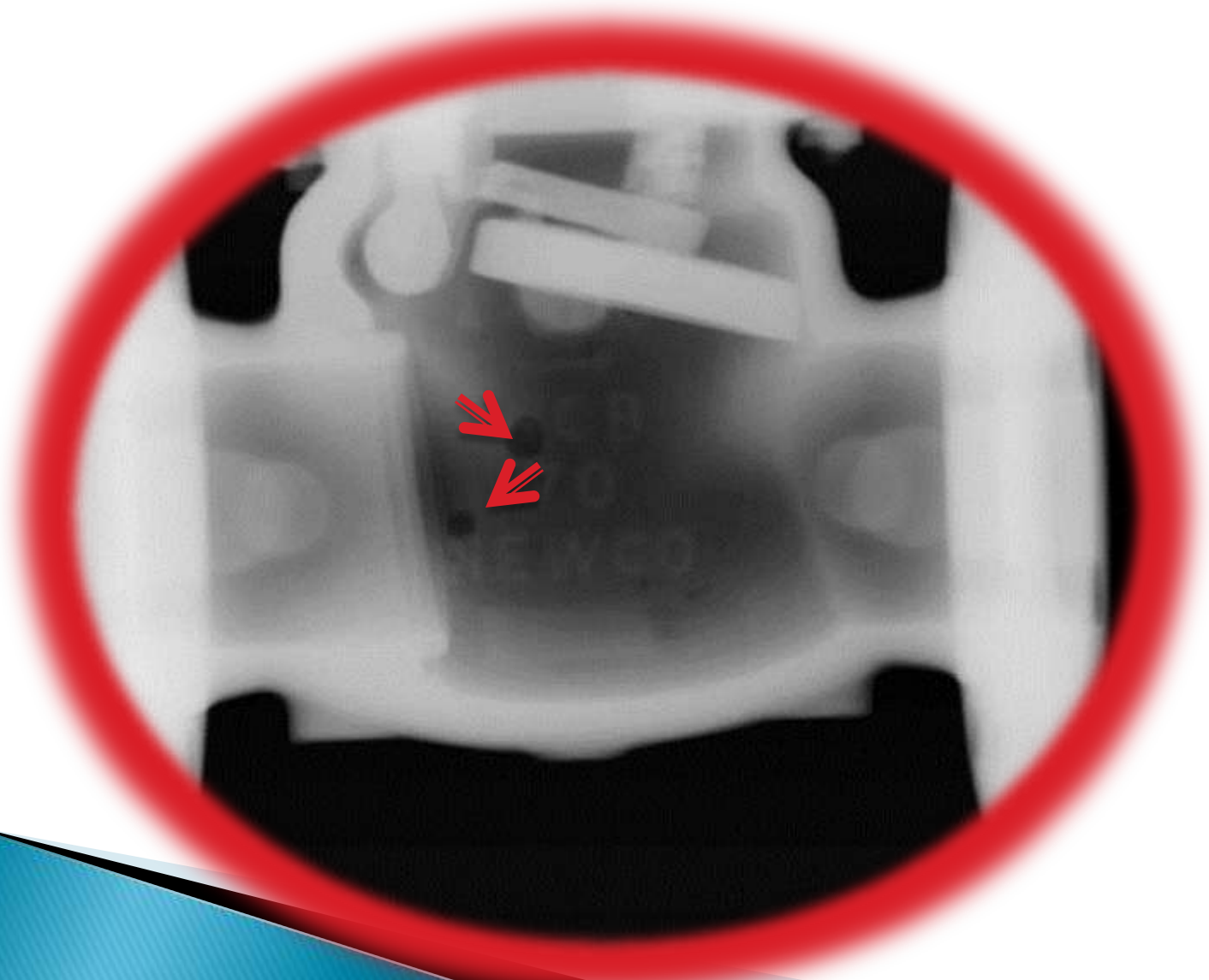
- ۱- این روش میتواند وجود، اندازه و مکان عیب را مشخص کند.
- ۲- مدارک قابل مستند دارد.
- ۳- عیوب با هر اندازه‌های را نمایش می‌دهد.
- ۴- به آماده‌سازی اولیه زیادی نیاز ندارد.

معایب این روش:

- ۱- بسیار گران است.
- ۲- برای موجودات ضرر دارد.
- ۳- نتیجه آزمایش مدتی طول می‌کشد (عکسبرداری، ظهور، ثبوت، تفسیر).
- ۴- نیاز به تخصص دارد.
- ۵- احتمال سوختن و خراب شدن فیلم وجود دارد.
- ۶- قابلیت تشخیص عیب فقط در راستای γ ، X می‌باشد.
- ۷- هزینه مواد اولیه بالاست.

Radiographic Test

▶ تست با RT:





مقایسه ی موارد استفاده و محل مورد استفاده روش های بازرسی

روش بازرسی	موارد استفاده	محل مورد استفاده
بازرسی چشمی	تشخیص عیوب سطحی نظیر خراشیدگی، زبری سطح و نواحی بدون رنگ یا پوشش-اندازه گیریهای ابعادی-اندازه گیری دقت-موقعیتیابی اجزا	برای تمامی قطعه ها در مراحل پروسه
راديوگرافي	ردیابی عیب های داخلی-پیدا کردن عیوب جوشکاری ترک ها، درزها، حفره ها، سوراخ ها، ناخالصی ها، عدم ذوب کافی، اندازه گیری تغییرات ضخامت	مجموعه قطعات الکترونیکی، ریختگی، جوشکاری شده، بررسی های خورده گی، اجزا ترکیبات غیر فلزی
ذرات مغناطیسی	ردیابی عیب های سطحی و زیر سطحی کم عمق-عیوب جوشکاری ترک ها، حفره ها، ناخالصی های غیر فلزی	فقط برای مواد فرو مغناطیسی-قطعاتی به هر اندازه و شکل-ترکیب یا عملیات حرارتی
مایع نافذ	تعیین موقعیت ترک ها-بریدگی ها-شکاف های سطحی-تخلخل-عدم اتصال های سطحی جوشکاری- ترک های ناشی از خستگی و سنگ زنی	تمام فلزات-شیشه و سرامیک ها-قطعات آهنگری-قطعات ماشین-ابزارهای برشی-بازرسی های تکی
فرا صوتی	عیوب جوشکاری ترک ها، درزها، حفره ها، سوراخ ها، ناخالصی های لایه ای-ناخالصی ها-تعیین ساختار دانه ای-تعیین ضخامت-خوردگی	کلیه ی فلزات و مواد غیر فلزی-ورق ها-لوله ها-میله ها-قطعات آهنگری و ریختگی-بازرسی های تکی و انبوه-آزمون قطعه ها در ضمن کار-لحیم کاری و اتصالات دیگر



مقایسه ی مزایا و معایب روش های بازرسی

معایب	مزایا	روش بازرسی
<ul style="list-style-type: none"> ۱- عیوب زیر سطحی قابل شناسایی نمی باشد . ۲- بکار گیری به تجربه شخص بستگی دارد . ۳- در صورت غفلت بازرس خطا زیاد است . 	<ul style="list-style-type: none"> ۱-ارزان ترین و ساده ترین روش . ۲- این روش را می توان در طی تمامی مراحل پرسیه بکار گرفت. ۳-روش NDT را به کمک این روش تعیین می شود . ۴-بیشتر برای عیوب سطحی می باشد(باچشم مسلح یا غیر مسلح). 	<p>بازرسی چشمی</p>
<ul style="list-style-type: none"> ۱- بسیار گران است . ۲- برای موجودات ضرر دارد . ۳- نتیجه آزمایش مد تی طول می کشد (عکسبرداری ، ظهور ، ثبوت ، تفسیر) . ۴- نیاز به تخصص دارد . ۵- احتمال خراب شدن فیلم وجود دارد . ۶- قابلیت تشخیص عیب فقطدر X می باشد. ۷- هزینه مواد اولیه بالاست . 	<ul style="list-style-type: none"> ۱- این روش میتواند وجود،اندازه ومکان عیب را مشخص کند. ۲- مدارک قابل مستند دارد. ۳- عیوب با هر اندازه های را نمایش می دهد . ۴- به آماده سازی اولیه زیادی نیاز ندارد . 	<p>راديوگرافي</p>
<ul style="list-style-type: none"> ۱- ماده باید مغناطیسی باشد. ۲- بعد از آزمون مستلزم مغناطیس زدایی است ۳- منبع الکتریسیته مورد نیاز است. ۴- سطح قطعه باید تمیز باشد. 	<ul style="list-style-type: none"> ۱- از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است. ۲- ساده گی اصول. ۳- آسانی اجرا. ۴- قابل حمل. ۵- سریع برای بازرسی تولید. 	<p>ذرات مغناطیسی</p>



مقایسه ی مزایا و معایب روش های بازرسی

معایب	مزایا	روش بازرسی
<ul style="list-style-type: none"> ۱- عیوب زیر سطحی قابل شناسایی نمی باشد . ۲- تغییر رنگ دائمی نیست . ۳- مواد مصرفی سمی است . ۴- در ماندن باعث خوردگی می شود . 	<ul style="list-style-type: none"> ۱- عیوب سطحی شناسایی می شود. ۲- به شکل جنس قطعه بستگی ندارد. ۳- ساده و ارزان است . ۴- شکل و اندازه تقریب عیب مشخص است (کمی بزرگتر از عیب). 	مایع نافذ
<ul style="list-style-type: none"> ۱- اپراتور به تخصص بالایی نیز دارد . ۲- در تشخیص عیوب بزرگ مشکل دارد (بزرگتر از پراب). ۳- نسب به PT, m گران است. 	<ul style="list-style-type: none"> ۱- این روش متداول ترین آزمون است . ۲- مکان دقیق عیب را نمایش میدهد. ۳- کلیه عیوب (سطحی و زیر سطحی) را به راحتی نمایش میدهد . ۴- LOF&LOP را به راحتی نمایش میدهد . ۵- قابلیت اتصال به کامپیوتر و پرنتر را دارد . ۶- در کلیه مناطق قابل استفاده است. ۷- بلافاصله نتایج آزمون مشخص میگردد. ۸- آلودگی زیست محیطی ندارد . ۹- برای انسان خطر آفرین نیست. 	فرا صوتی



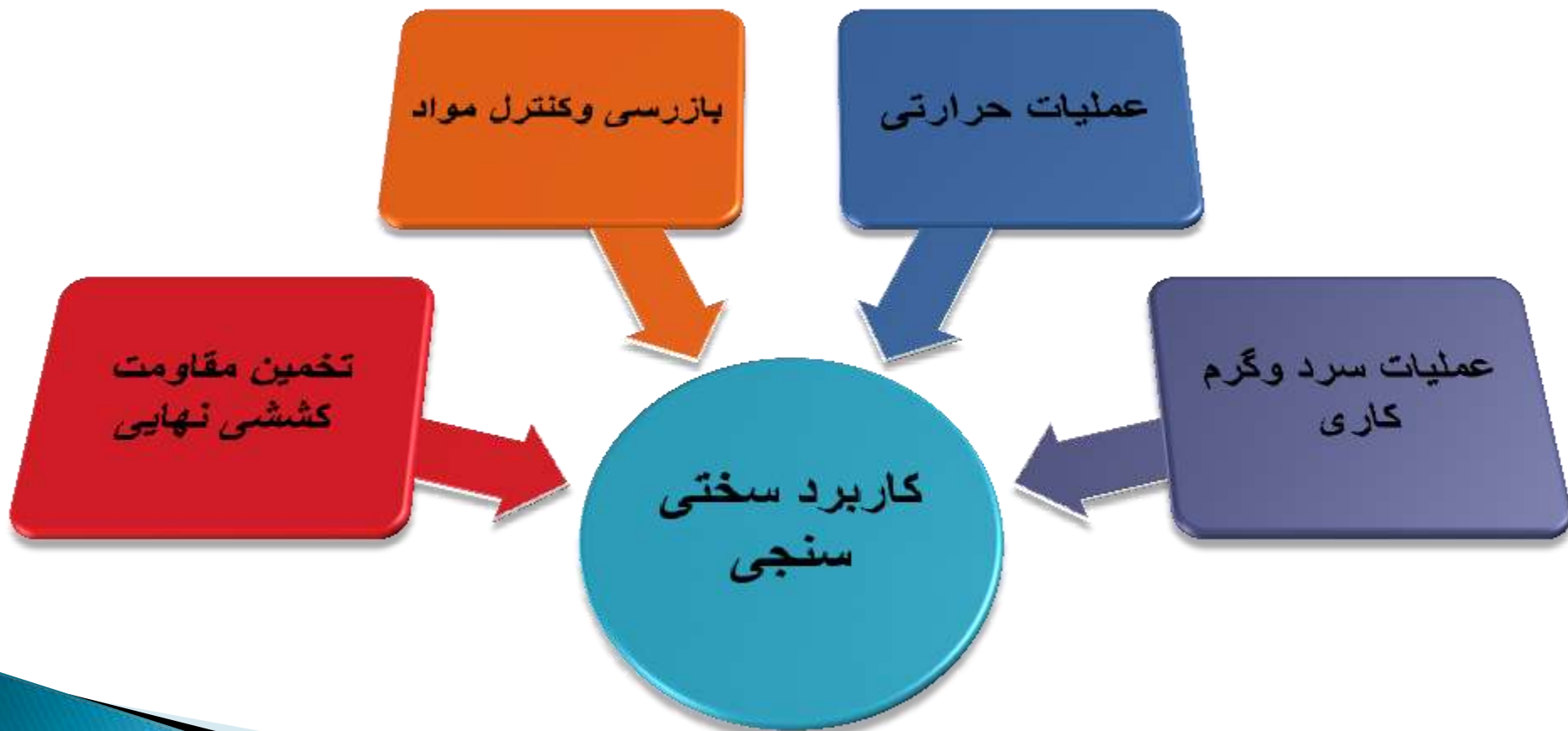
HARDNESS TEST

سختی

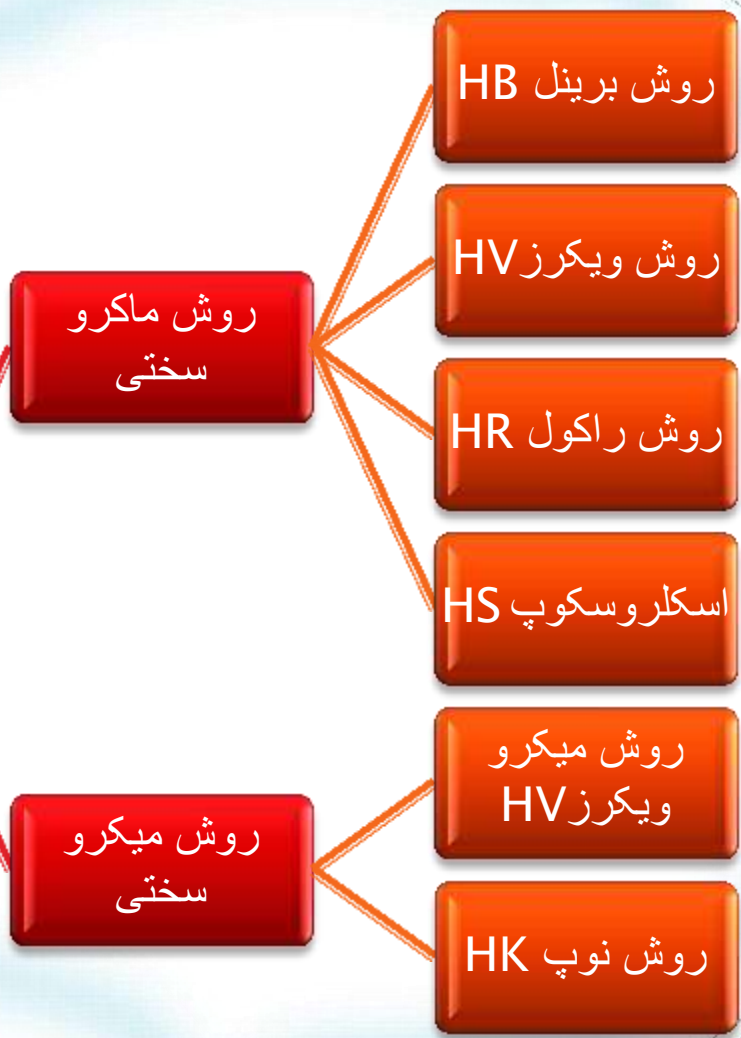
- سختی مقاومت سطح جسم در برابر فرو رفتن یک جسم خارجی .
- در آزمایش های تعیین عدد سختی، معمولاً مقاومت در مقابل تغییر شکل پلاستیکی چندین لایه اتمی نزدیک به سطح نمونه، مورد اندازه گیری قرار می گیرد.
- سختی به عنوان یکی از خواص اساسی یک ماده محسوب نمی گردد و صرفاً جهت مقایسه مواد مختلف با همدیگر و یا مقایسه عملیات حرارتی یا مکانیکی صورت گرفته روی یک ماده به کار می رود.



HARDNESS TEST



روش های سختی
سنجی





HARDNESS TEST

در این آزمایش ، سختی یک ماده بر اساس مقاومت در مقابل تغییر شکل پلاستیکی حجمی از آن ماده که از تعداد متعددی حجم های کوچکتر (دانه ها) تشکیل گردیده است ، انجام می گیرد.

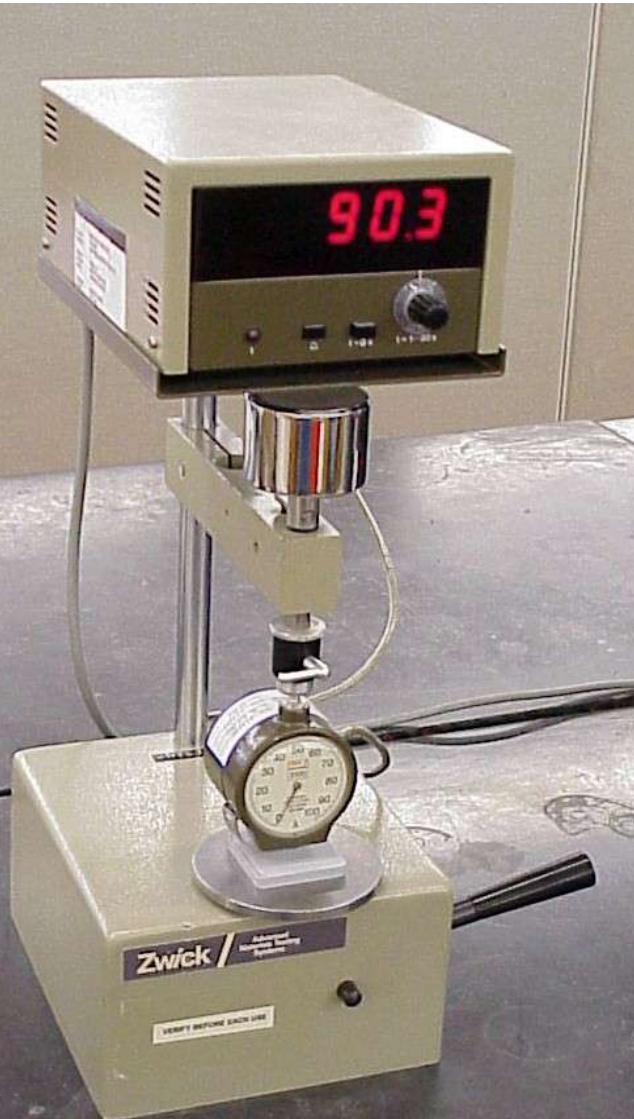
روش
ماکرو

در این روش سختی سنجی ، تعیین سختی در حجم های کوچک میکروسکوپی یک ماده امکان پذیر است لذا دانه های تشکیل دهنده یک ماده به طور مستقل و جداگانه قابل اندازه گیری هستند.

روش
میکرو

HARDNESS TEST

سختی شر یا اسکروسکوپ





HARDNESS TEST

سختی شر یا اسکروسکوپ

❖ آزمایش بیش تر روی مواد پلاستیکی و نایلونی انجام می شود و بعد از برداشتن نیرو به حالت اولیه بر می گردد.

در آزمایش سختی به روش شر سختی بر اساس مقدار بازگشت چکشی است که یک فرو شونده الماسی نوک تیز در انتهای آن قرار گرفته و از ارتفاع معین استاندارد شده ای (حدود ۲۵۰mm)

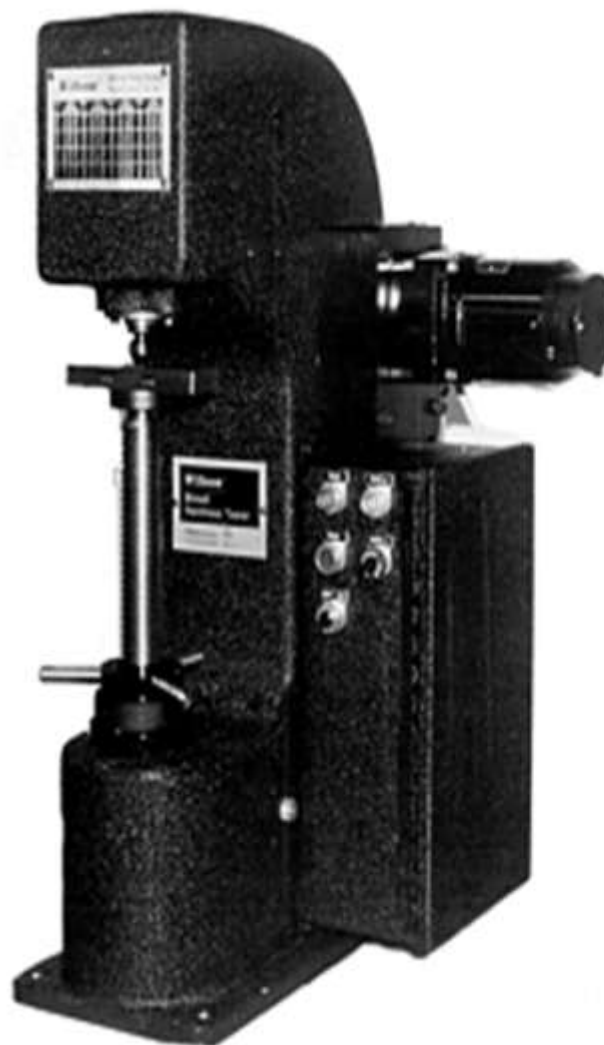
به طور عمود بر سطح قطعه مورد آزمایش رها می شود. بدین جهت به سختی الاستیکی یا سختی ارتجاعی (برگشتی) هم معروف است. ارتفاع برگشت از روی صفحه مدرجی که به ۱۰۰ قسمت درجه بندی شده خوانده می شود. یکی از مزایای دستگاه شر قابلیت حمل و نقل آن است که می تواند به راحتی برای تعیین سختی قطعات بزرگ مانند غلتکها، چرخ دنده ها و از این قبیل در محل کار استفاده می شود.

❖ هرچه ماده نرم تر باشد تغییر شکل ناشی از ضربه چکش بر آن بزرگتر و انرژی کمتری برای بازگشت باقی خواهد ماند.



HARDNESS TEST

سختی برینل



(a)



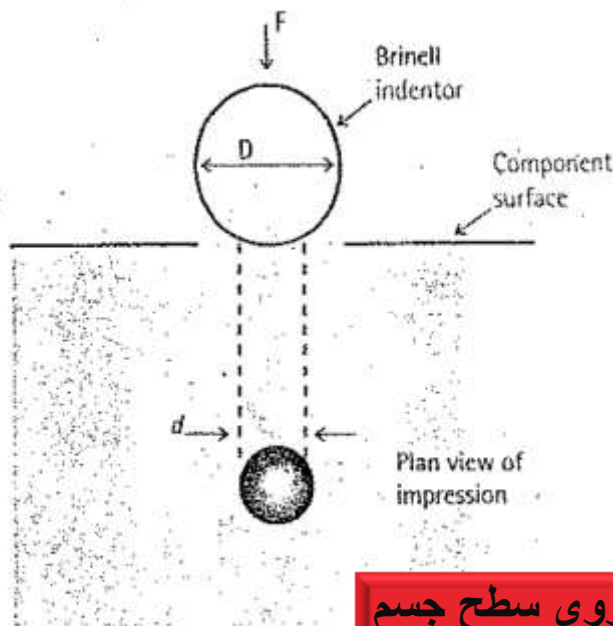
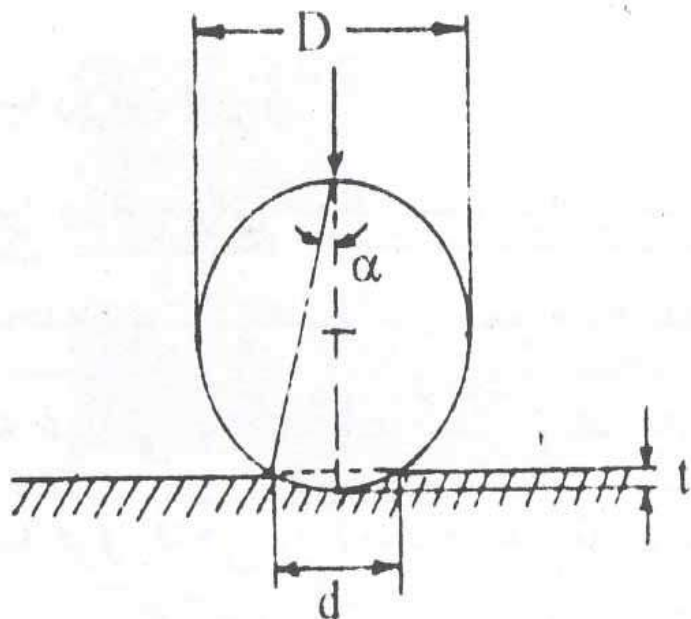
(b)



HARDNESS TEST

سختی برینل

در این آزمایش از یک ساچمه فولادی سخت شده به قطر D به عنوان فرو شوونده استفاده می‌شود که با نیروی F به آرامی و به طور یکنواخت (بدون ضربه) بر سطح صیقلی شده قطعه مورد آزمایش به صورت عمودی فشار داده خواهد شد. پس از حذف نیرو و برداشتن ساچمه از روی قطعه ابتدا مقدار تغییر شکل الاستیکی بازگشت کرده و تغییر شکل پلاستیکی به صورت حفره‌ای به قطر d و عمق t در سطح قطعه مورد آزمایش بر جای باقی می‌ماند و قطر اثر ایجاد شده توسط میکروسکپ اندازه‌گیری می‌شود.





HARDNESS TEST

سختی برینل

❖ در مورد فلزات آهنی بار به مدت حداقل 10s و برای فلزات غیر آهنی به مدت 45s اعمال میشود.

❖ عدد سختی برینل اندازه گیری شده با ساچمه ی استاندارد را می توان حداکثر به حدود 500HB رساند که در صورت بیش تر بودن سختی نمونه از مقدار 500HB خود ساچمه متحمل تغییر فرم پلاستیک شده و نتیجه ی حاصل دقیق نخواهد بود. که این حد بالای سختی را می توان با استفاده از ساچمه کاربید تنگستن (به جای فولاد سخت شده) به مقدار 650HB رساند.

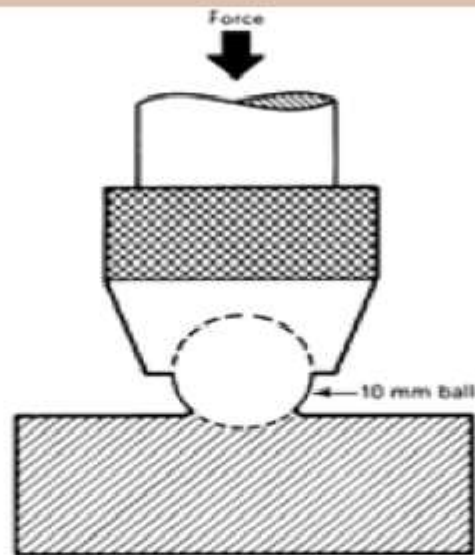
❖ قبل از آزمایش ساچمه باید تست شود.



HARDNESS TEST

سختی برینل

اسپیکر



(?) فرایند فروروی ساچمه در روش برینل (b) اندازه گیری قطر



HARDNESS TEST

سختی برینل

سختی برینل

- ❖ اندازه سختی به بار اعمالی و اندازه اثر بستگی دارد.
- ❖ در اندازه ی اثر دو قطر عمود بر هم را بوسیله میکروسکپ مدرج اندازه گیری نموده و اندازه متوسط را به دست می آوریم. از جداول مخصوص اندازه سختی به دست می آید.
- ❖ در میکروسکپ های پیشرفته اندازه گیری ها مستقیماً به صورت اتوماتیک به عدد سختی تبدیل می شود.



HARDNESS TEST

سختی برینل

❖ عدد سختی برینل بر اساس نسبت بار وارده بر فرو رونده بر حسب کیلوگرم به مساحت سطح عرق چین بر حسب متر مربع به صورت مقابل محاسبه می شود:

$$BHN = F / A$$

❖ با محاسبه مساحت سطح اثر بر حسب قطر گلوله فولادی فرو رونده (D) و قطر اثر (d) عدد سختی از فرمول زیر به دست می آید:

$$BHN = F / [(\pi D / 2)(D - \sqrt{D^2 - d^2})]$$



HARDNESS TEST

سختی برینل

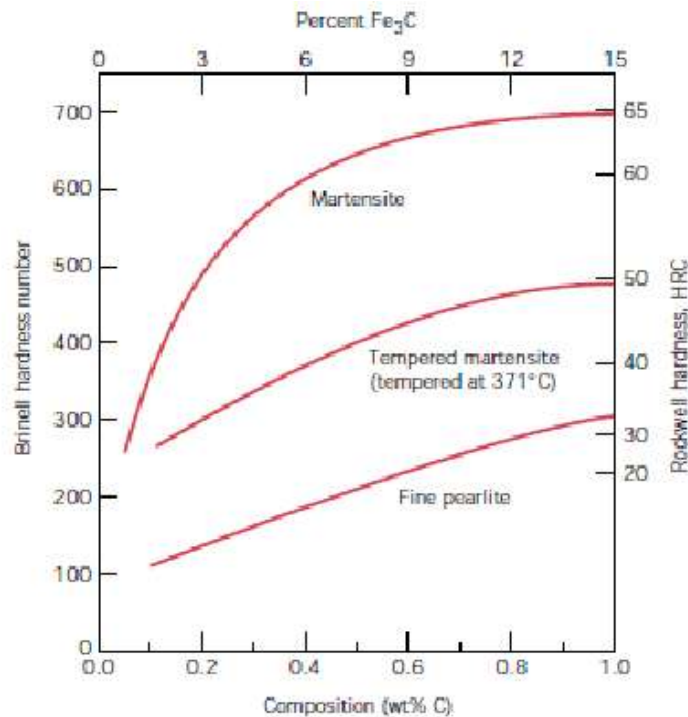
- ❖ عدد سختی برینل اگر با علامت BHN بدون اعداد ضمیمه نشان داده شود بیانگر شرایط آزمایش استاندارد با به کار بردن ساچمه فولادی به قطر ۱۰ میلیمتر تحت بار ۳۰۰۰ کیلوگرم و با مدت زمان اعمال بار ۱۰ تا ۱۵ ثانیه است.
- ❖ در شرایط غیر استاندارد علامت عدد سختی برینل برای مثال به صورت 75BHN10/500/30 که نشان دهنده عدد سختی برینلی معادل ۷۵ کیلوگرم بر میلیمتر مکعب که با گلوله ای به قطر ۱۰ میلیمتر، تحت باری به وزن ۵۰۰ کیلوگرم در مدت ۳۰ ثانیه تعیین گردیده است.
- ❖ سختی فرو رونده فولادی بایستی حداقل ۱.۷ برابر سختی ماده مورد آزمایش باشد.
- ❖ قبل از آزمایش ساچمه باید تست شود.



HARDNESS TEST

سختی برینل

همان طور که در نمودار زیر مشاهده می شود با افزایش درصد کربن در فولادها سختی افزایش می یابد. همچنین از این شکل مشاهده میشود که فاز مارتنزیت در فولادها بیشترین سختی را دارا می باشد.



درصد کربن بر روی سختی فازها و میکرو ساختارهای مختلف در فولاد



HARDNESS TEST

شرایط در آزمایش سختی سنجی برینل

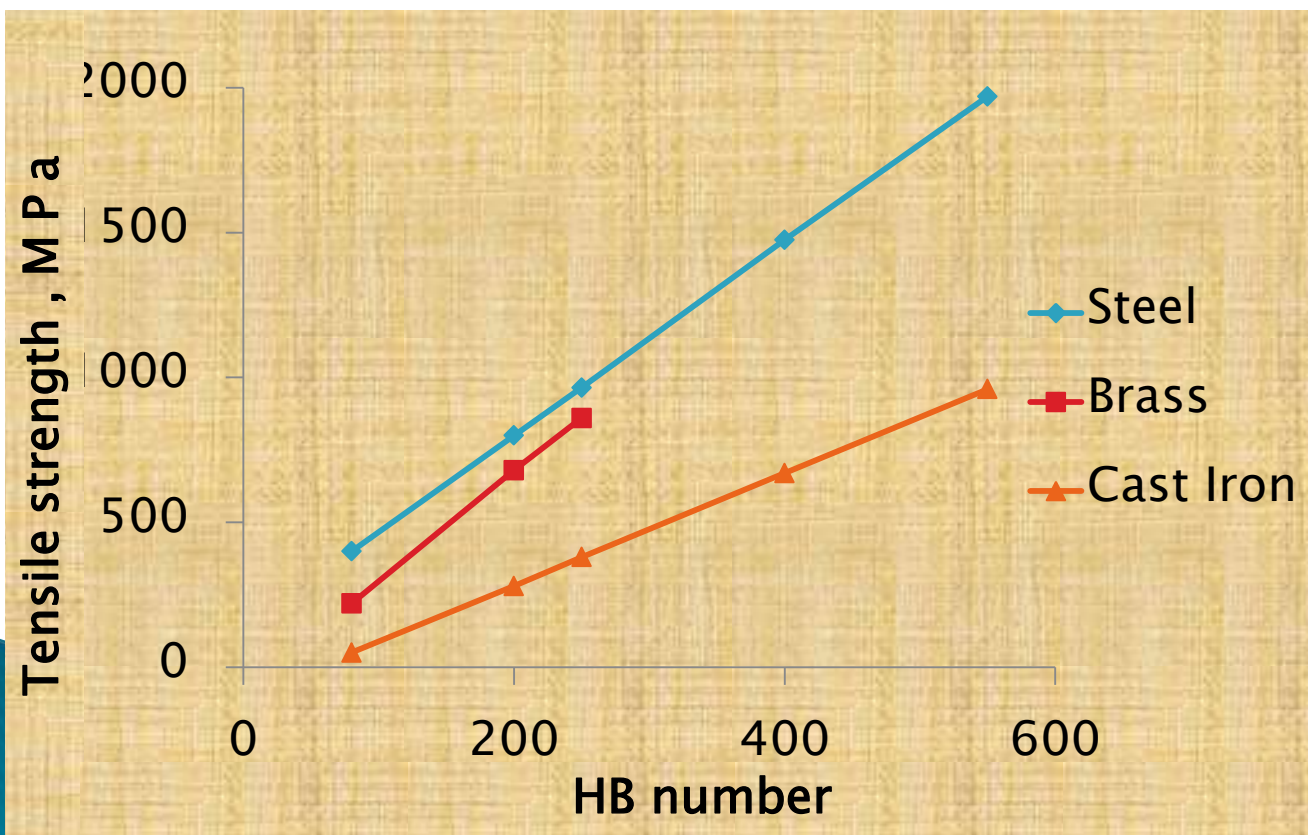
جنس نمونه	مدت زمان اعمال بار (sec)	ضخامت نمونه t (mm)	بار اعمال شده (Kg)	نسبت F/D^2	قطر ساچمه D(mm)	BHN تقریبی
فولاد چدن نرم	10-30	t > 6 3 < t < 6 t < 3	3000 750 187.5	30	10 5 2.5	تا 450
برنز برنج آلیاژهای آلومینیم	30	t > 6 3 < t < 6 t < 3	1000 250 62.5	10	10 5 2.5	60-130
مس نرم آلومینیم خالص آلیاژهای یاتاقانها	45	t > 6 3 < t < 6 t < 3	500 125 31.25	5	10 5 2.5	35-50
سرب آلیاژهای سرب	60	t > 6 3 < t < 6 t < 3	250 62.5 15.5	2.5	10 5 2.5	8-35



HARDNESS TEST

سختی برینل

در فلزاتی که حین آزمایش کشش تشکیل گلویی می‌دهند رابطه ای بصورت زیر بین استحکام نهایی و عدد سختی برینل وجود دارد:



$$\sigma_U = K (\text{BHN})$$



HARDNESS TEST

معایب سختی برینل

مهمترین معایب

۱. لحیده شدن گلوله فولادی در سختی های بالای 500 BHN و گلوله کاربید تنگستنی در سختی های بالای 650 BHN.

۲

این روش برای مواد بسیار نرم و بسیار سخت مناسب نیست.

۴

مشکل بودن استفاده از یک میکروسکپ جهت اندازه گیری قطر اثر.

۳

محدودیت در ضخامت نمونه بطوریکه ضخامت آن نباید کمتر از ۲,۵ میلیمتر باشد و یا نباید کمتر از ده برابر عمق فرورفتگی باشد.

۵

لبه فرورفتگی را همیشه نمی توان براحتی دید و تشخیص آن در مورد برخی از فلزات که دارای رنگ خاصی هستند دشوار است.



HARDNESS TEST

محاسن سختی برینل

محاسن سختی برینل

روش برینل بسیار ساده است.

سطح اثر فرورفتگی نسبتاً بزرگ است.

در اندازه‌گیری سختی،
غیریکنواختی‌های بسیار جزئی، در
نتیجه آزمایش تاثیر ندارد.

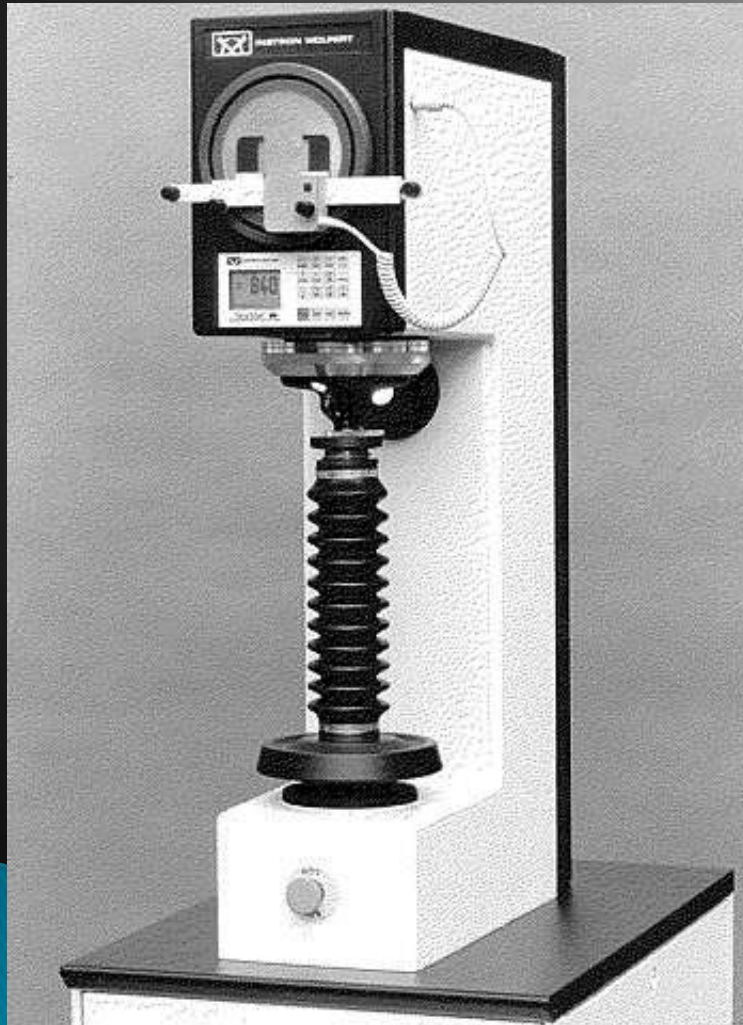
به کمک روابط تقریبی میتوان حد
تسلیم و یا استحکام کششی را تعیین
کرد.



HARDNESS TEST

سختی ویکرز

سختی ویکرز





HARDNESS TEST

سختی ویکرز

سختی ویکرز

انواع ویکرز



ماکرو ویکرز که در اوزان ۱ الی ۱۲۵ کیلوگرمی مورد استفاده قرار می گیرد.



میکرو ویکرز که در اوزان ۱ الی ۱۰۰۰ گرمی مورد استفاده قرار می گیرد.



HARDNESS TEST

سختی ویکرز

این آزمایش در سال ۱۹۲۴ معرفی گردید و مورد استفاده قرار گرفت در این آزمایش از نفوذ يك هرم مربع القاعده و قائم استفاده می‌گردد که جنس آن از الماس مصنوعی بود و زاویه رأس آن ۱۳۶ درجه است. این آزمایش اثر کوچکتري روی فلزات باقی گذاشته و ضمناً برای فلزات نرم مناسبتر می‌باشد. در آزمایش برنیل چون اثر نیروی وارده شکل گلوله نیز بطور الاستیک تغییر می‌نمود لذا شکل ایجاد شده با نیروی وارده بستگی داشته و از این رو نسبت P/D^2 حائز اهمیت بود. اما چون در این آزمایش هرم کوچک الماس تغییر شکل نمی‌دهد و شکل ایجاد شده در نمونه آزمایشی بستگی به نیروی وارده نداشته و از این رو جوابهای بدست آمده دقیق‌تر و قابل تشخیص‌تر است. مثلاً سختی ویکرز ۶۰۰ دو برابر سختی ویکرز ۳۰۰ است ولی در آزمایش برنیل این مقیاس و تناسب برقرار نیست و ورقهای نازک به روش برنیل حق تقدم دارند .



HARDNESS TEST

سختی ویکرز

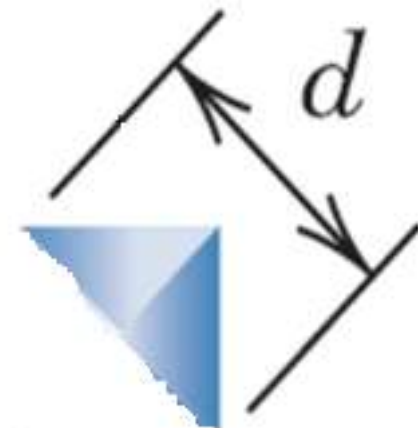
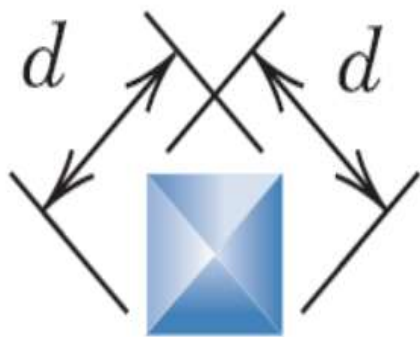
❖ در این آزمایش با بدست آوردن دو قطر ، می توانیم میانگین آنها را محاسبه کنیم و با استفاده از جداول موجود ، سختی قطعه را استخراج می کنیم .

❖ ابعاد اثر ایجاد شده توسط میکروسکپ اندازه گیری می شود. واز رابطه ی زیر حاسبه می شود.

❖ در مواردی که شکل هرم به طور کامل روی سطح قطعه ایجاد نمیشود قطر بزرگتر را انتخاب میکنیم.

$$HVN = 1.8544(F / d^2)$$

2)



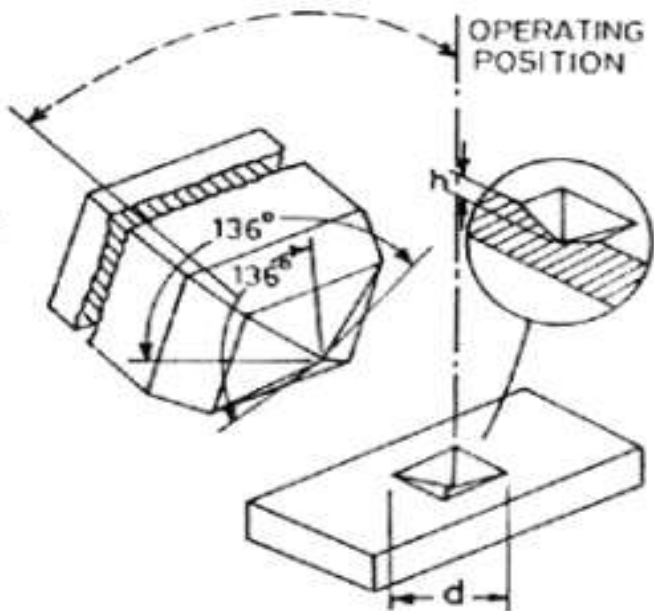


HARDNESS TEST

سختی ویکرز

سختی ویکرز

❖ این روش در تعیین سختی نمونه های کوچک، بسیار سخت و لایه های سطحی نمونه های پوسته سختی از قبیل فولادهای کربوریزه شده، نیتزیده شده و ... که دارای سختی سطحی بسیار بالایی هستند به کار می روند.





HARDNESS TEST

سختی ویکرز

سختی ویکرز

معایب این روش

گرانی دستگاه

حساسیت
فروشنونده

سطح نیاز به
آماده سازی دارد.

خطا در اندازه گیری
قطر اثر

روش آزمایشگاهی
است

مزایای این روش

در اندازه گیری
سخت ترین مواد
تحت بارهای متغیر
بسیار دقیق و
مناسب است.

برای تعیین سختی
لایه های بسیار نازک،
مانند لایه های سطحی
گالوانیزه شده،
لایه های سطحی آب
داده و سخت شده
مناسب است.

در سطح مقطعهای
بسیار نازک، به
عنوان میکروسختی
سنج به کار
می رود.

HARDNESS TEST

سختی راکول

سختی راکول





HARDNESS TEST

سختی راکول

- ❖ سختی راکول (به انگلیسی: *Rockwell Hardness*) یکی از معیارهای سختی است که بر اساس مقاومت مواد در برابر فرورونده با اعمال بار بزرگتر در مقایسه با بار اولیه سختی آنها را تعیین می‌کند. معیارهای مختلفی برای این سختی وجود دارد که هر کدام توسط یک حرف انگلیسی نشان داده می‌شود. این روش سختی‌سنجی توسط استنلی راکول در ۱۹۱۹ ابداع شد.
- ❖ در اندازه‌گیری سختی به روش راکول از فرورونده‌های مخروطی شکل الماسی با زاویه ۱۲۰ درجه به عنوان مثال راکول C و یا یک ساچمه فولادی سخت شده به عنوان مثال راکول B استفاده می‌شود. در روش راکول عمق فرو رفتگی که در اثر وارد آوردن نیروی مشخصی بر روی نمونه ایجاد شده اندازه‌گیری می‌شود و از آن بعنوان مقیاسی برای تعیین سختی راکول استفاده می‌گردد.



HARDNESS TEST

❖ به طور کلی دو نوع سختی راکول وجود دارد. که نوع معمولی آن معمولا برای مقاطع نسبتا ضخیم و نوع سطحی آن برای مقاطع نازک به کار می رود. در جداول 1 و 2 مقیاس و شکل فرورونده و نیز مقدار بار اعمالی در هر مقیاس به ترتیب برای راکول معمولی و سطحی نشان داده شده است.

جدول 1 برای مقیاس های راکول معمولی

<i>Scale Symbol</i>	<i>Indenter</i>	<i>Major Load (kg)</i>
A	Diamond	60
B	$\frac{1}{16}$ -in. ball	100
C	Diamond	150
D	Diamond	100
E	$\frac{1}{8}$ -in. ball	100
F	$\frac{1}{16}$ -in. ball	60
G	$\frac{1}{16}$ -in. ball	150
H	$\frac{1}{8}$ -in. ball	60
K	$\frac{1}{8}$ -in. ball	150



HARDNESS TEST

جدول ۲ برای مقیاس های راکول سطحی

<i>Scale Symbol</i>	<i>Indenter</i>	<i>Major Load (kg)</i>
15N	Diamond	15
30N	Diamond	30
45N	Diamond	45
15T	$\frac{1}{16}$ -in. ball	15
30T	$\frac{1}{16}$ -in. ball	30
45T	$\frac{1}{16}$ -in. ball	45
15W	$\frac{1}{8}$ -in. ball	15
30W	$\frac{1}{8}$ -in. ball	30
45W	$\frac{1}{8}$ -in. ball	45



HARDNESS TEST

سختی راکول

- ❖ در هنگام نوشتن گزارش، همیشه باید عدد سختی راکول را همراه با تعیین نوع ترکیب نیروی اصلی و شکل فرو شونده ذکر کرد. مثال: Symbol +HR+ عدد (80HRC).
- ❖ برای اندازه‌گیری نمونه‌های نازکتر از ۱,۵ میلیمتر و سطوح ناصاف و یا غیر یکنواخت مانند چدن خاکستری، نمی‌توان دستگاه راکول استاندارد شده را به کار برد و بدین جهت برای آنها آزمایش راکول سطحی را به کار می‌برند. در این آزمایش نیروهای اولیه و اصلی کمتر بوده (بار اولیه یک نیروی ۳ تا ۵ کیلوگرمی و بار اصلی یک نیروی ۱۵ تا ۴۵ کیلوگرمی است) و چون فرورفتگی ناچیز است این روش برای صفحات نازک فلزی و یا اندازه‌گیری سختی سطحی فولادی که به وسیله عملیات حرارتی از قبیل کربن دهی، ازت یا نیتروژن دهی و کربونیتزیده شده مناسب است.



HARDNESS TEST

مشخصات سه مقیاس مهم سختی سنجی راکول

مقیاس	بار اولیه F_1 , Kg	بار ثانویه F_2 , Kg	بار اصلی $F=F_1+F_2$	نوع فرورونده	موارد کاربرد
A	10	50	60	مخروط الماسه	مواد خیلی سخت کاربید تنگستن
B	10	90	100	گلوله فولادی بقطر 1/16"	مواد نیمه سخت فولادهای کم متوسط کربن برنج - برنز
C	10	140	150	مخروط الماسه	فولادهای سخت شده - آلیاژهای سخت و برگشت داده شده



HARDNESS TEST

سختی راکول

- ❖ برخلاف اعداد سختی سنجی برنیل و ویکرز که واحد کیلوگرم بر سانتیمتر مربع دارند اعداد سختی راکول کاملاً اختیاری هستند.
- ❖ در قطعات سخت زمان را کم حساب می‌کنیم چون زمان بیشتر نوک فرورونده را خراب می‌کند.
- ❖ در قطعات نرم زمان را زیاد حساب می‌کنیم چون زمان بیشتر باعث می‌شود که حالت الاستیک به وجود نیاید.
- ❖ اگر هنگام آزمایش جنس قطعه را ندانیم از راکول A استفاده می‌کنیم.
- ❖ در این روش محدوده ی ۰الی ۵ و ۷۵الی ۱۰۰ محدوده ی ممنوعه است یعنی اگر بعد از برداشتن نیروی ثانویه عقربه محدوده ی ممنوعه را نشان دهد با این روش قابل سختی سنجی نیست.
- ❖ راکول A, B, C بیشترین کاربرد را دارند.
- ❖ معمولاً مدت زمان اعمال بار ثانویه در $HRA=20s$ و در $HRB=30s$ و در $HRC=10s$ است.
- ❖ آزمایش باید حداقل ۵ بار در مکان‌های مختلف جسم تکرار شود اما دو آزمایش سختی باید یک حداقل فاصله مکانی از هم داشته باشند به عبارت دیگر انجام دو آزمایش سختی در کنار هم باعث ایجاد خطا می‌شود.



HARDNESS TEST

مقیاسهای سختی راکول

مقیاس	بار ثانویه (kg)	نوع نافذ	نوع مواد آزمایشی
A	۶۰	مخروط الماس	مواد خیلی سخت، کاربیدهای تنگستن، غیره
B	۱۰۰	کره $\frac{1}{16}$ اینچ	مواد با سختی متوسط، فولادهای کم کربن و کربن متوسط، برنج، برنز و غیره.
C	۱۵۰	مخروط الماس	فولادهای سخت، آلیاژهای سخت کاری شده و برگشت داده شده
D	۱۰۰	مخروط الماس	فولادهای سماتنه
E	۱۰۰	کره $\frac{1}{8}$ اینچ	چدن، آلیاژهای آلومینیم و منیزیم
F	۶۰	کره $\frac{1}{16}$ اینچ	برنج نابکاری شده و مس
G	۱۵۰	کره $\frac{1}{16}$ اینچ	بریلیوم مس، فسفر برنز و غیره.
H	۶۰	کره $\frac{1}{8}$ اینچ	ورقهای آلومینیم
K	۱۵۰	کره $\frac{1}{8}$ اینچ	چدن، آلیاژهای آلومینیوم
L	۶۰	کره $\frac{1}{4}$ اینچ	پلاستیکها و فلزات نرم مانند سرب
M	۱۰۰	کره $\frac{1}{4}$ اینچ	همانند مقیاس L
P	۱۵۰	کره $\frac{1}{4}$ اینچ	همانند مقیاس L
R	۶۰	کره $\frac{1}{4}$ اینچ	همانند مقیاس L
S	۱۰۰	کره $\frac{1}{4}$ اینچ	همانند مقیاس L
V	۱۵۰	کره $\frac{1}{4}$ اینچ	همانند مقیاس L



HARDNESS TEST

سختی راکول
سختی راکول



HARDNESS TEST

میکرو سختی سنجی





HARDNESS TEST

میکرو سختی سنجی

میکرو سختی سنجی

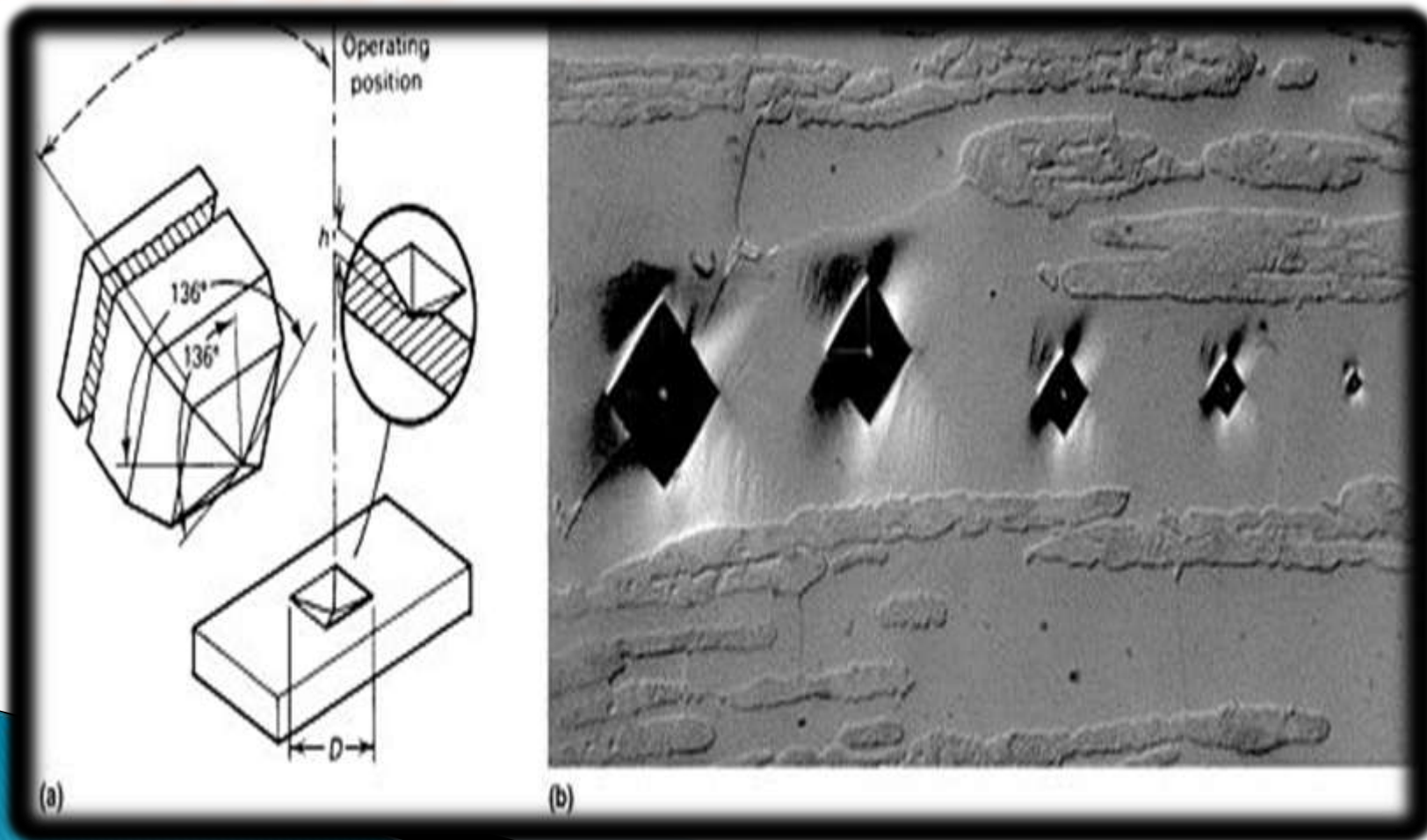
❖ متأسفانه این اصطلاح گویا نیست چون میتوان آن را به معنی آزمون سختی های ضعیف تصور کرد. در حالیکه معنی واقعی آن استفاده از فرو رفتگی های کوچک است. بارهای مورد استفاده نیز مابین ۱ تا ۱۰۰۰ گرم می باشد. این روش از بارهای سبک برای ایجاد فرو رفتگی های بسیار کوچک (به اندازه میکرو) استفاده میکند. دو نوع فرورونده برای میکرو سختی سنجی وجود دارد. یکی هرم مربع القاعده ویکرز با زاویه راس ۱۳۶ درجه که قبلاً توضیح داده شده و دیگری فرو رونده الماسی دراز شده نوپ (شکل A و B).



HARDNESS TEST

میکرو سختی سنجی

شکل A هرم الماسی مربع القاعدة ویکرز با زاویه راس 136° درجه و اثر به جای مانده از آن



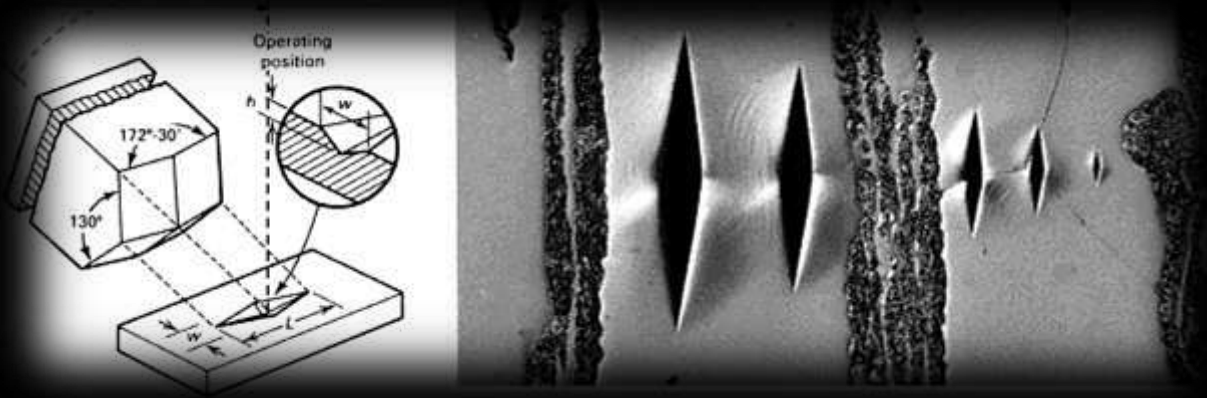


HARDNESS TEST

میکرو سختی سنجی

مترادف: میکرو ایندنتر

شکل B فرو رونده الماسی دراز شده نوپ و اثر به جای مانده از آن





HARDNESS TEST

میکرو سختی سنجی

میکرو سختی سنجی

❖ فرورونده ی نوپ الماس سنگ خورده ای به شکل هرم است که نسبت قطر بزرگ به قطر کوچک قاعده آن ۷ به ۱ است. در این روش از یک میکروسکوپ برای ایجاد فرو رفتگی در موقیت مناسب در میکرو ساختار و نیز مشاهده ی قطر اثر بجای مانده استفاده میشود. عدد سختی نوپ از تقسیم بار بر سطح مقطع بدست می آید. جداولی برای تبدیل اندازه ی قطر به عدد سختی نوپ وجود دارد. همچنین می توان از رابطه ی زیر استفاده نمود:

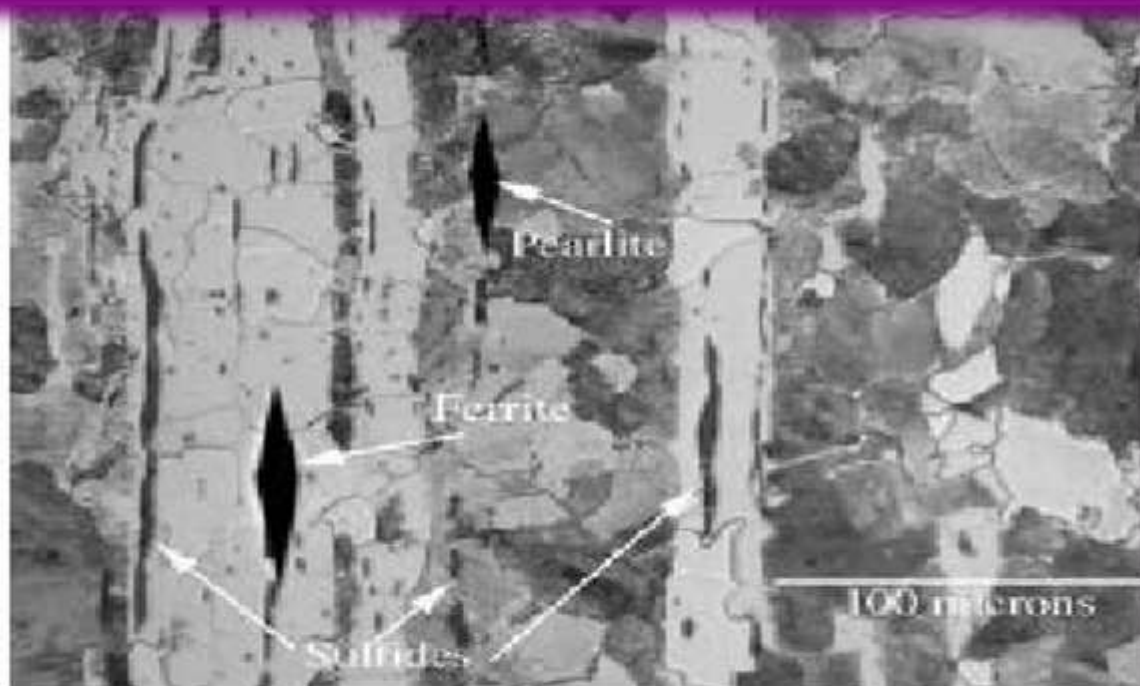
$$HK = 14.2P/l^2$$



HARDNESS TEST

میکرو سختی سنجی

❖ شکل زیر اثر بجای مانده از آزمون میکرو سختی سنجی بر روی فولاد فریتی پرلیتی ۱۱۴۴ را نشان می دهد. همان طور که از شکل زیر نمایان است فاز فریت نرم تر از فاز پرلیت موجود در میکرو ساختار این فولاد است.



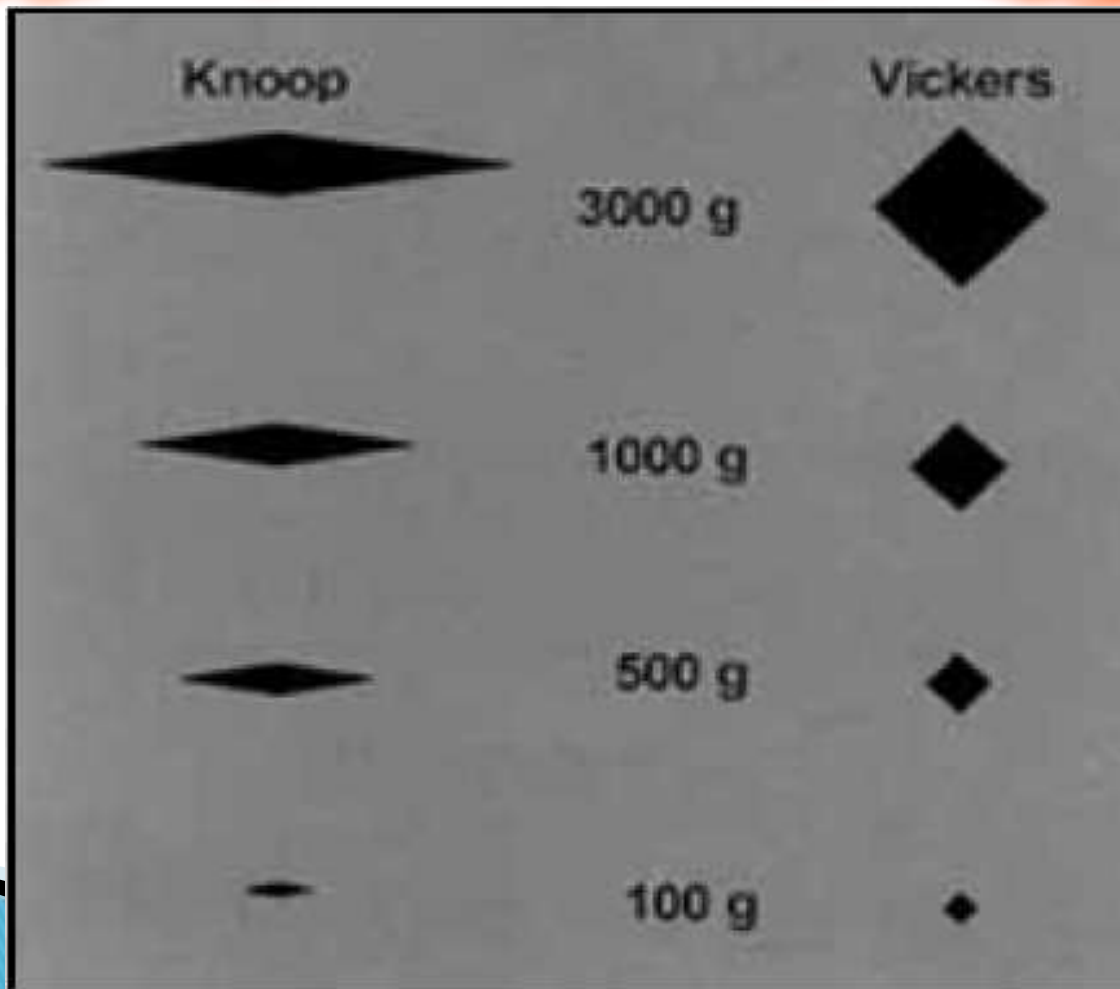
اثر فرو رونده نوپ بر روی فاز های فولاد فریتی پرلیتی ۱۱۴۴



HARDNESS TEST

میکرو سختی سنجی

مقایسه ی اثر ایجاد شده از فرو رونده ی ویکرز ونوپ تحت بار های مختلف



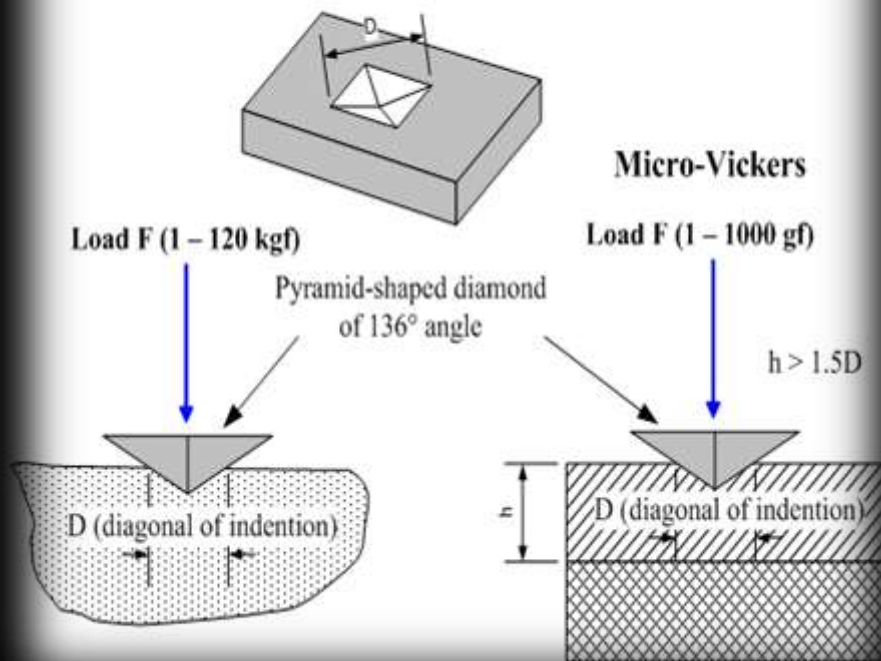


HARDNESS TEST

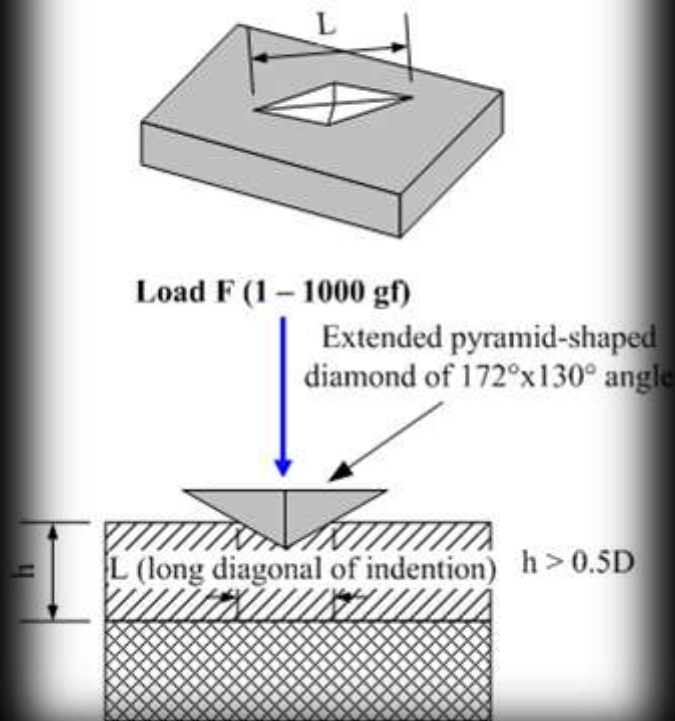
میکرو سختی سنجی

مقایسه ی شکل شماتیک اثر ایجاد شده از فرو رونده ی ویکرز ونوپ

Vickers Hardness Test



Knoop Hardness Test





HARDNESS TEST

برخی از موارد استفاده آزمون‌های سختی نفوذی

سختی میکرو	ویکرز	راکول سطحی	راکول	برینل
<p>۱- سطوح رویه کاری شده.</p> <p>۲- انواع پوشش‌ها از قبیل لاک الکل، جلا، رنگ روغن.</p> <p>۳- ورقهای فلزی و مواد نازک</p> <p>۴- برای تعیین شیب پوشش.</p> <p>۵- بی‌ماتال‌ها و مواد لایه لایه.</p> <p>۶- قطعات یا سطوح بسیار کوچک از قبیل چرخ‌دنده‌های ساعت، لبه‌های ابزارهای برشی، دندانه پیچ‌ها و نوک محورها</p> <p>۷- مواد خیلی ترد یا ظریف (ناقد نوپ)</p> <p>۸- مواد کدر، شفاف، نیمه شفاف</p> <p>۹- فلزات پودر شده</p> <p>۱۰- برای بررسی فازهای مختلف یک ماده</p> <p>۱۱- برای تعیین سختی دانه‌ها و مرز دانه‌ها.</p>	<p>مانند راکول استاندارد و راکول سطحی، مواردی که دقت و نفوذ کم عمق مورد لزوم است. مانند:</p> <p>۱- قطعات سماتنه شده تا ضخامت‌های ۰/۵۰۰ تا ۰/۰۱۰ اینچ</p> <p>۲- قطعات تمام شده‌ای که صافی سطح زیادی دارند</p> <p>۳- مقاطع نازک، مانند لوله‌ها</p> <p>۴- ساختارهای ضعیف</p> <p>۵- ضخامت رویه‌کاری‌ها</p>	<p>مانند راکول استاندارد مواردی که نفوذ کم عمق ضروری است. مثل:</p> <p>۱- قطعات سماتنه شده نازک تا ضخامت ۱۰٪ اینچ</p> <p>۲- قطعات نازک تا ضخامت‌های ۰/۰۰۶ اینچ</p> <p>۳- کاربری‌های سماتنه</p> <p>۴- فلزات پودر شده</p>	<p>۱- قطعات تمام شده، از قبیل یاتاقان‌ها، سوپاپ‌ها، پیچ‌ها، مهره‌ها، چرخ‌دنده‌ها، چرخ‌دنده‌ها، غلطک‌ها، بین‌ها، محورها و غیره</p> <p>۲- ابزارهای برشی مانند اره‌ها، کاردها، قلم‌ها، قیچی‌ها</p> <p>۳- ابزارهای براده‌برداری</p> <p>۴- قطعات ریختگی و آهنگری کوچک.</p> <p>۵- ورق‌های فلزی</p> <p>۶- مفتول‌های با قطر بزرگ</p> <p>۷- کنتاکت‌های الکتریکی</p> <p>۸- ورق‌ها یا قطعات پلاستیکی</p> <p>۹- قطعات سماتنه شده</p> <p>۱۰- کاربری‌های سماتنه شده</p>	<p>۱- فولادهای ساختمانی و سایر قطعات نورد شده</p> <p>۲- اغلب قطعات ریختگی شامل فولاد، چدن و آلومینیم.</p> <p>۳- اغلب قطعات آهنگری</p>



HARDNESS TEST

مقایسه ی نمونه ای از اعداد سختی با یکدیگر ▶

استحکام کششی N/mm ²	سختی نوب KNH	سختی شر ShH	سختی ویکرز VH (E=۹۸H)	سختی راکول							سختی برینل $\frac{F}{D^2} = 30$	
				R۴۵N	R۳۰N	R۱۵N	R _F	R _D	R _C	R _B		R _A
۲۵۵	۹۲		۸۰									۷۶/۰
۲۷۰	۹۷		۸۵								۴۱/۰	۸۰/۷
۲۸۵	۱۰۲		۹۰				۸۲/۶				۴۸/۰	۸۵/۵
۳۰۵	۱۰۷		۹۵								۵۲/۰	۹۰/۲
۳۲۰	۱۱۲		۱۰۰				۸۷/۰				۵۶/۲	۹۵/۰
۳۳۵	۱۱۸		۱۰۵									۹۹/۸
۳۵۰	۱۲۳		۱۱۰								۶۲/۳	۱۰۵
۳۷۰	۱۲۳		۱۱۵				۹۰/۵					۱۰۹
۳۸۵	۱۲۳	۱۸	۱۲۰				۹۳/۶				۶۶/۷	۱۱۴
۴۰۰	۱۲۵	۱۹	۱۲۵									۱۱۹
۴۱۵	۱۲۸	۲۰	۱۳۰								۷۱/۲	۱۲۴
۴۳۰	۱۵۱	-	۱۳۵				۹۶/۴					۱۲۸
۴۵۰	۱۵۴	۲۱	۱۴۰				۹۹/۰					۱۳۳
۴۶۵	۱۵۹	-	۱۴۵									۱۳۸
۴۸۰	۱۶۴	۲۲	۱۵۰				۱۰۱/۴				۷۸/۷	۱۴۳
۴۹۵	۱۷۰	-	۱۵۵									۱۴۷
۵۱۰	۱۷۵	۲۳	۱۶۰				۱۰۳/۶				۸۱/۷	۱۵۲
۵۳۰	۱۸۰	-	۱۶۵									۱۵۶
۵۴۵	۱۸۵	۲۴	۱۷۰				۱۰۵/۵				۸۵/۰	۱۶۲
۵۶۰	۱۹۰	-	۱۷۵									۱۶۶
۵۷۵	۱۹۶	۲۶	۱۸۰				۱۰۷/۲				۸۷/۱	۱۷۱
۵۹۵	۲۰۱	-	۱۸۵									۱۷۶
۶۱۰	۲۰۶	۲۷	۱۹۰				۱۰۸/۷				۸۹/۵	۱۸۱
۶۲۵	۲۱۱	-	۱۹۵									۱۸۵
۶۴۰	۲۱۶	۲۸	۲۰۰				۱۱۰/۱				۹۱/۵	۱۹۰



HARDNESS TEST

مقایسه ی نمونه ای از اعداد سختی با یکدیگر

استحکام کششی N/mm ²	سختی نوب KNH	سختی شر ShH	سختی ویکرز VH (E=۹۸H)	سختی راکول								سختی برینل $\frac{F}{D^2} = 30$	
				R۲۵N	R۲-N	R۱۵N	R _F	R _D	R _C	R _B	R _A		
۶۶۰	۲۲۱	-	۲۰۵										۱۹۵
۶۷۵	۲۲۶	۲۹	۲۱۰				۱۱۱/۳				۹۲/۵		۱۹۹
۶۹۰	۲۳۰	۲۰	۲۱۵								۹۳/۰		۲۰۲
۷۰۵	۲۳۲	۲۱	۲۲۰				۱۱۲/۴				۹۵/۰		۲۰۹
۷۲۰	۲۳۹	۲۲	۲۲۵								۹۶/۰		۲۱۲
۷۳۰	۲۴۲	۲۳	۲۲۰				۱۱۳/۲			۲۰/۳	۹۶/۷		۲۱۹
۷۵۵	۲۴۸	-	۲۲۵							۲۱/۴			۲۲۲
۷۷۰	۲۵۲	۲۳	۲۳۰	۱۹/۹	۲۱/۷	۶۹/۶	۱۱۲/۱	۲۰/۳		۲۲/۲	۹۸/۱	۶۰/۷	۲۲۸
۷۸۵	۲۵۸	-	۲۳۵	۲۱/۱	۲۲/۵	۷۰/۱		۲۱/۱				۶۱/۲	۲۳۲
۸۰۰	۲۶۲	۲۵	۲۵۰	۲۲/۲	۲۳/۳	۷۰/۶	۱۱۵/۱	۲۱/۷			۹۹/۵	۶۲/۶	۲۳۸
۸۲۰	۲۶۷	۲۶	۲۵۵	۲۳/۲	۲۴/۲	۷۱/۱		۲۲/۲		۲۳/۱			۲۴۲
۸۳۵	۲۷۲	-	۲۶۰	۲۴/۳	۲۵/۰	۷۱/۶		۲۳/۱		۲۴/۰	(۱-۱)	۶۲/۰	۲۴۷
۸۵۰	۲۷۷	۲۷	۲۶۵	۲۵/۲	۲۵/۷	۷۲/۱		۲۳/۷		۲۴/۸		۶۲/۷	۲۵۲
۸۶۵	۲۸۲	-	۲۷۰	۲۶/۲	۲۶/۳	۷۲/۶		۲۴/۳		۲۵/۶	(۱-۲)	۶۳/۱	۲۵۷
۸۸۰	۲۸۶	۲۸	۲۷۵	۲۷/۱	۲۷/۲	۷۳/۰		۲۴/۹		۲۶/۳		۶۳/۵	۲۶۱
۹۰۰	۲۹۱	۲۹	۲۸۰	۲۷/۹	۲۷/۸	۷۳/۳		۲۵/۳		۲۷/۱	(۱-۳)	۶۳/۸	۲۶۶
۹۱۵	۲۹۶	۲۰	۲۸۵	۲۸/۷	۲۸/۰	۷۳/۸		۲۶/۰		۲۷/۸		۶۴/۲	۲۷۱
۹۳۰	۳۰۰	۲۱	۲۹۰	۲۹/۵	۲۹/۰	۷۴/۲		۲۶/۵		۲۸/۵	(۱-۵)	۶۲/۵	۲۷۶
۹۵۰	۳۰۵	۲۲	۲۹۵	۳۰/۳	۳۰/۷	۷۴/۶		۲۷/۱		۲۹/۲		۶۲/۸	۲۸۰
۹۶۵	۳۰۹	۲۳	۳۰۰	۳۱/۱	۵۰/۲	۷۴/۹		۲۷/۵		۲۹/۸		۶۵/۲	۲۸۵
۹۹۵	۳۱۸	۲۴	۳۱۰	۳۲/۵	۵۱/۳	۷۵/۶		۲۸/۳		۳۱/۰		۶۵/۸	۲۹۵
۱۰۳۰	۳۲۸	۲۵	۳۲۰	۳۲/۹	۵۲/۳	۷۶/۲		۲۹/۳		۳۲/۲		۶۶/۳	۳۰۲
۱۰۶۰	۳۳۷	۲۶	۳۳۰	۳۵/۲	۵۳/۶	۷۶/۸		۵۰/۲		۳۳/۳		۶۷/۰	۳۱۴
۱۰۹۵	۳۴۶	۲۷	۳۴۰	۳۶/۵	۵۳/۳	۷۷/۳		۵۱/۱		۳۴/۳		۶۷/۶	۳۲۲
۱۱۲۵	۳۵۶	۲۸	۳۵۰	۳۷/۸	۵۵/۳	۷۸/۰		۵۱/۹		۳۵/۵		۶۸/۱	۳۳۲



HARDNESS TEST

سختی خراشی

سختی خراشی



- ❖ این آزمون که در سال ۱۸۲۲ توسط زمین شناس-کانی شناس معروف آلمانی کارل فریدریخ کریستین موهس (Friedrich Mohs) (زاده ۲۹ ژانویه ۱۷۷۳ در Agordo گرنرود Gernrode آلمان - فوت ۲۹ سپتامبر ۱۸۳۹ در آگوردو) (ایتالیا) توسعه داده شد، مقاومت خراشی نسبی ده کانی متداول را مقایسه میکند. اگر کانی توسط یکی از کانیهای این لیست خراشیده شود، از آن کانی نرمتر است. کانیها با آزمایش کردن آنها در مقابل کانیهایی که به طور فزاینده از عدد یک (تالک) تا ده (الماس) سختتر میشوند، مورد ارزیابی قرار میگیرند. جدول سختی خراش موهس همراه با کانیهای متناظر با عدد سختی در شکل زیر آورده شده است.

HARDNESS TEST

سختی خراشی

1		<i>Talc</i>
2		<i>Gypsum</i>
3		<i>Calcite</i>
4		<i>Fluorite</i>
5		<i>Apatite</i>
6		<i>Orthoclase Feldspar</i>
7		<i>Quartz</i>
8		<i>Topaz</i>
9		<i>Corundium</i>
10		<i>Diamond</i>

شیشه و چاقوی فولادی سختی ۵/۵ در مقیاس موهس دارند که همراه با عدد سختی ناخن در جدول زیر درج شده اند.

Hardness	Mineral
1	Talc
2	Gypsum
2.2	Fingernail
3	Calcite
4	Fluorite
5	Apatite
5.5	Glass, steel knife
6	Feldspar
7	Quartz
8	Topaz
9	Corundum
10	Diamond



HARDNESS TEST

سختی خراشی

- ❖ بنابراین مطابق این جدول هر سنگ معدنی قادر به خراش دادن به سنگ معدن با درجه سختی کمتر است. با این روش میتوان درجه سختی مو (moh) را برای هر ماده تعیین کرد. برای مثال سختی شیشه معمولی حدود ۵,۵ و سختی فولاد سخت حدود ۶,۵ است، ولی واضح است که این، روش چندان دقیقی نبوده و به منظور کنترل تولید، مناسب نیست. این روش در معدن شناسی ابتدایی برای شناسایی سنگ معدن به کار می‌رود.
- ❖ محدوده درجه‌بندی سختی خراشی بعداً تغییر یافت. بدین صورت که در مقیاس جدید سختی تالک باز هم یک و سختی الماس ۱۵ انتخاب شد و بدین ترتیب محدوده اندازه‌گیری وسیعتر گشت به طوری که اعداد ۱۴ برای کاربید بُر، ۱۳ برای کاربید سیلیسیم، ۱۲ برای کورند، ۱۱ برای زیرکن، ۱۰ برای گارانات، ۹ برای توپاس، ۸ برای کوارتز، ۷ برای شیشه کوارتزی و ۶ برای فلدسپات و بقیه همانند درجه‌بندی قبلی انتخاب شد.



HARDNESS TEST

سختی خراشی

- ❖ این آزمایش در صنعت به روش ایجاد خراش بین سوهان و قطعه (سختی سوهان) مورد استفاده قرار می‌گیرد. هنگامی که سوهانی تیز، محکم و آهسته بر سرتا سر سطح قطعه‌ای کشیده شود چنانچه سوهان خراشی بر سطح قطعه ایجاد نکند قطعه را ((سخت سوهان)) می‌گویند. اگر سوهان سطح قطعه را خراش دهد قطعه را نرمتر از سخت سوهان و در صورتی که به سرعت و به آسانی سطح قطعه را برش دهد قطعه را نرم می‌گویند.
- ❖ ایرادهای این آزمایش بر این واقعیت تکیه دارد که سوهان‌ها یکسان نیستند و به علاوه نحوه کار کارگران هم با یکدیگر تفاوت دارد و از طرف دیگر در این روش نمی‌توان سختی را به صورت اطلاعات عددی ثبت کرد. البته این آزمایش فوایدی هم دارد از جمله آن‌که ارزان، سریع و غیرمخرب است. بازرس ماهر ممکن است حتی فقط از همین یک آزمایش برای رد کردن قطعات نامطلوب استفاده کند و نیاز هم به استفاده از تجهیزات گرانتر و حساستر نداشته باشد.