



دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی مکانیک

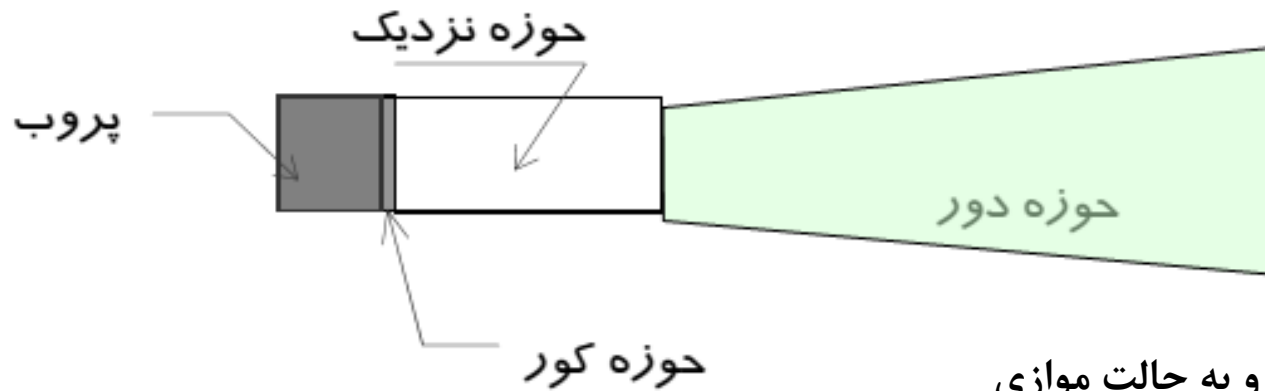
آزمون های غیر مخرب: آزمایش با امواج آلتراسونیک (UT)

دکتر عبدالواحد کمی

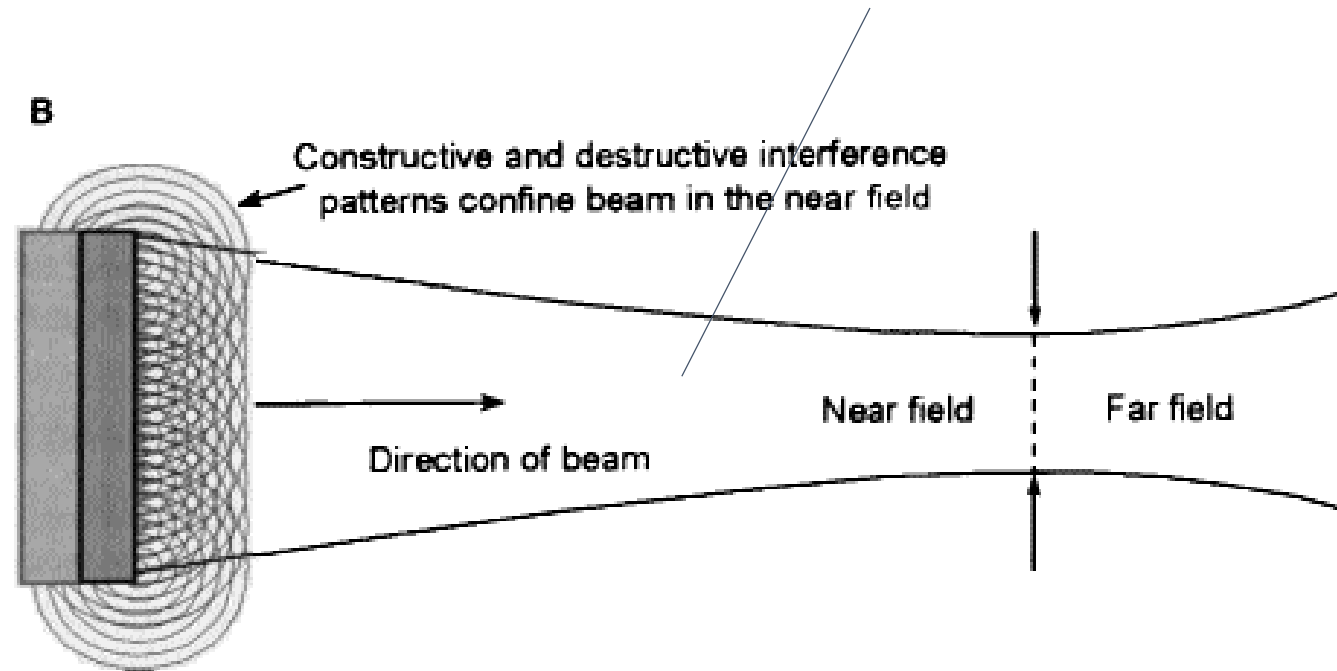
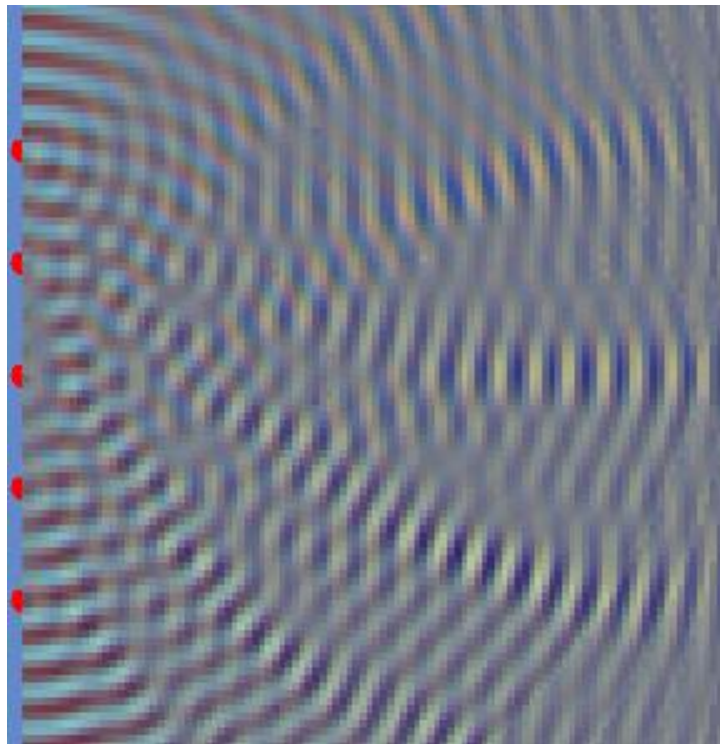
دانشکده مهندسی مکانیک

دانشگاه سمنان

حوزه های صوتی

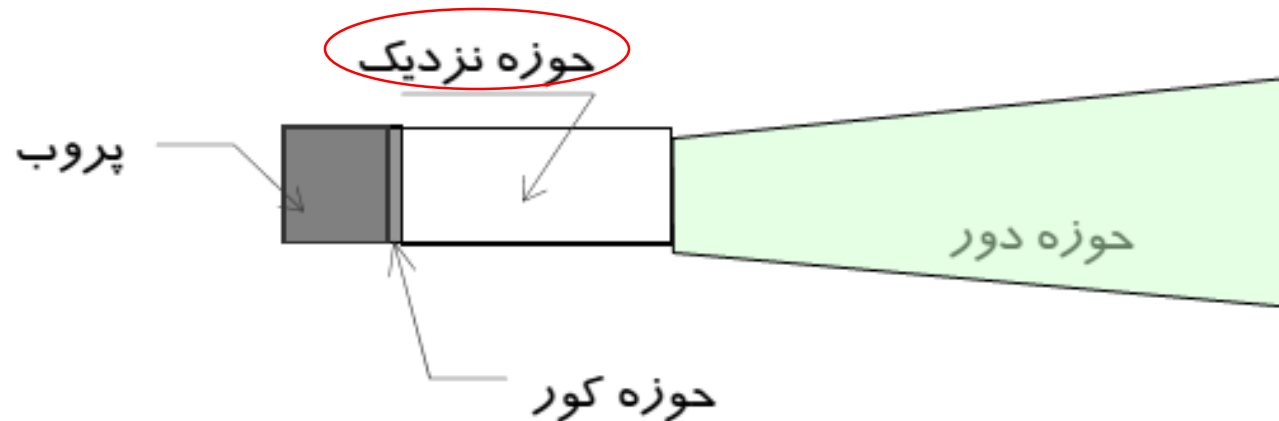


به مسافتی که امواج صوتی با فشاری نسبتاً متراکم و به حالت موازی انتشار یابند، حوزه نزدیک یا ناحیه فرزنل گفته می شود.

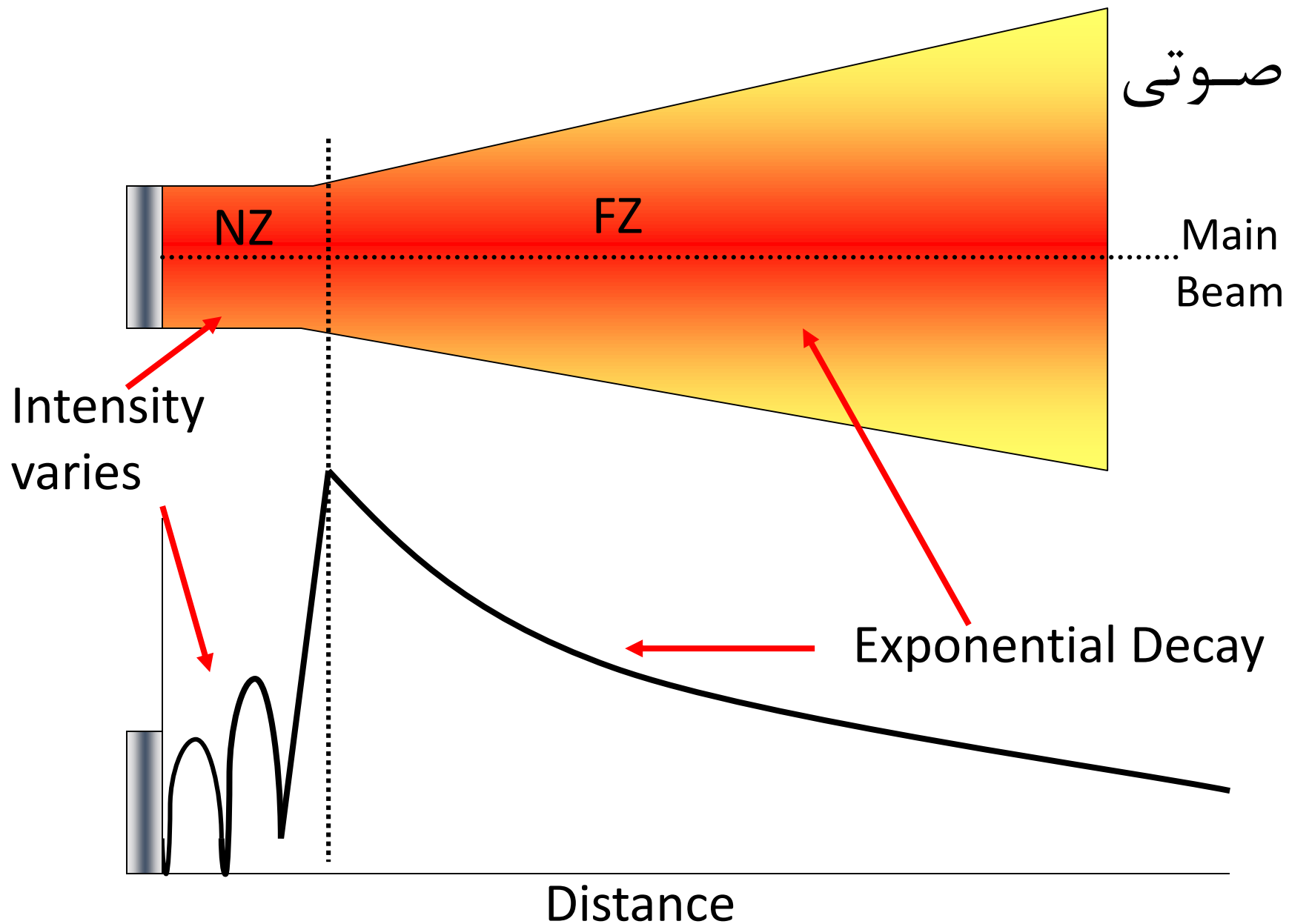


حوزه های صوتی

- در حوزه نزدیک واکنش انعکاسی امواج در برخورد با یک مانع بدون اتلاف انرژی صوتی صورت می گیرد.
- این حوزه مناسبترین ناحیه برای ضخامتسنجی است.
- تعیین اندازه دقیق عیوب در این حوزه امکان پذیر نیست.



حوزه های صوتی



حوزه های صوتی

■ برای محاسبه طول حوزه نزدیک از رابطه زیر استفاده می شود:

$$N = \frac{D^2}{4\lambda}$$

$$\lambda = \frac{C}{f}$$

$$N = \frac{D^2 f}{4C}$$

D - قطر پروب (میلی متر)

N - حوزه نزدیک (میلی متر) .

f - فرکانس (مگاهرتز) .

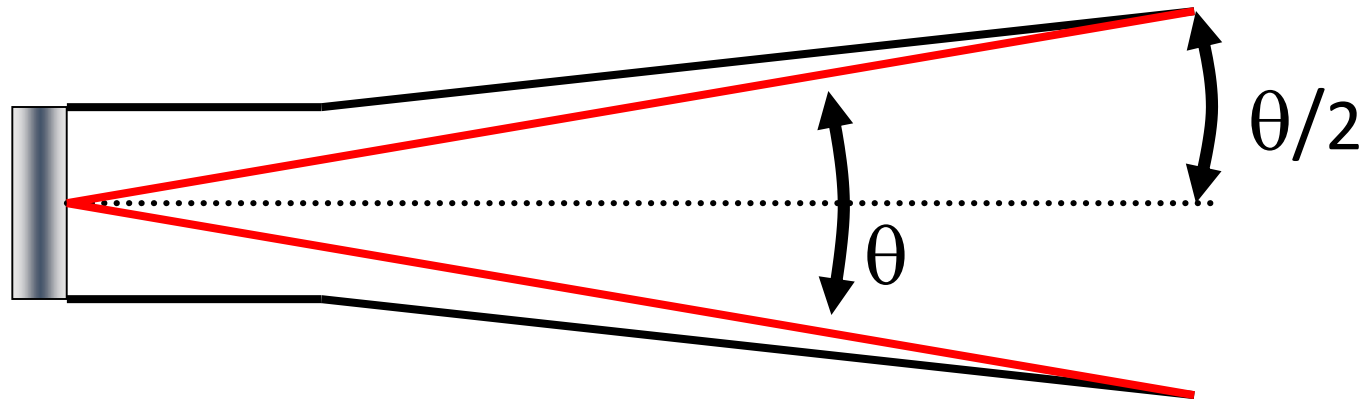
c - سرعت امواج است (کیلومتر در ثانیه) .

λ - طول موج (میلی متر) .



حوزه های صوتی

■ زاویه گسترش حوزه دور:



Θ - زاویه گسترش

K - فاکتور گسترش

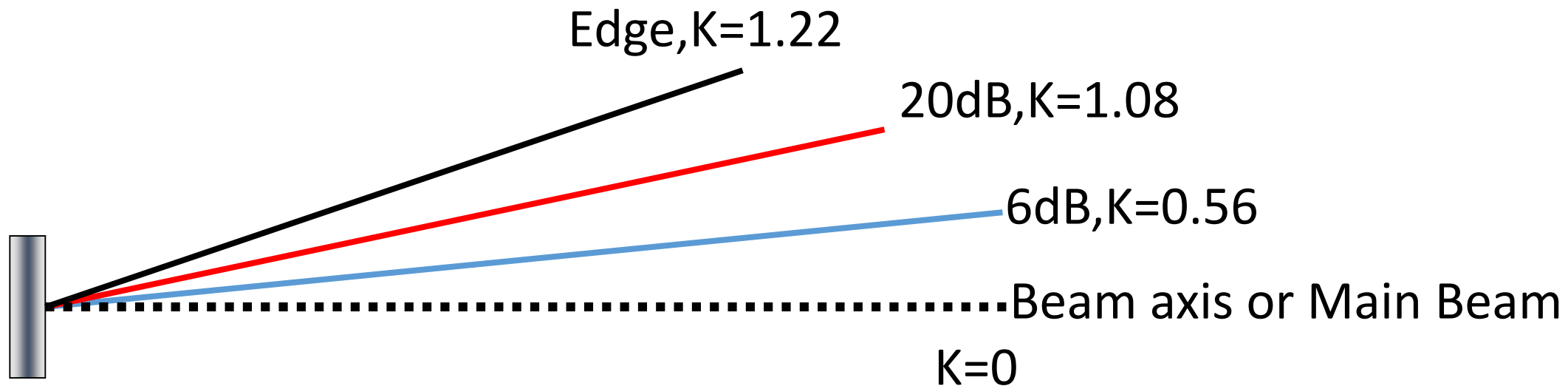
$$\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{K\lambda}{D} = \frac{KC}{Df}$$



حوزه های صوتی

$$\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{K\lambda}{D} = \frac{KC}{Df}$$

■ زاویه گسترش حوزه دور:



حوزه های صوتی

مثال :

یک قطعه از جنس فولاد با پروب صفر درجه به قطر ۱۰ میلی متر و فرکانس ۲/۵ مگاهرتز آزمایش می گردد . حداکثر زاویه گسترش در حاشیه حوزه دور محاسبه می شود .

K - ضریب گسترش ۱.۲۲

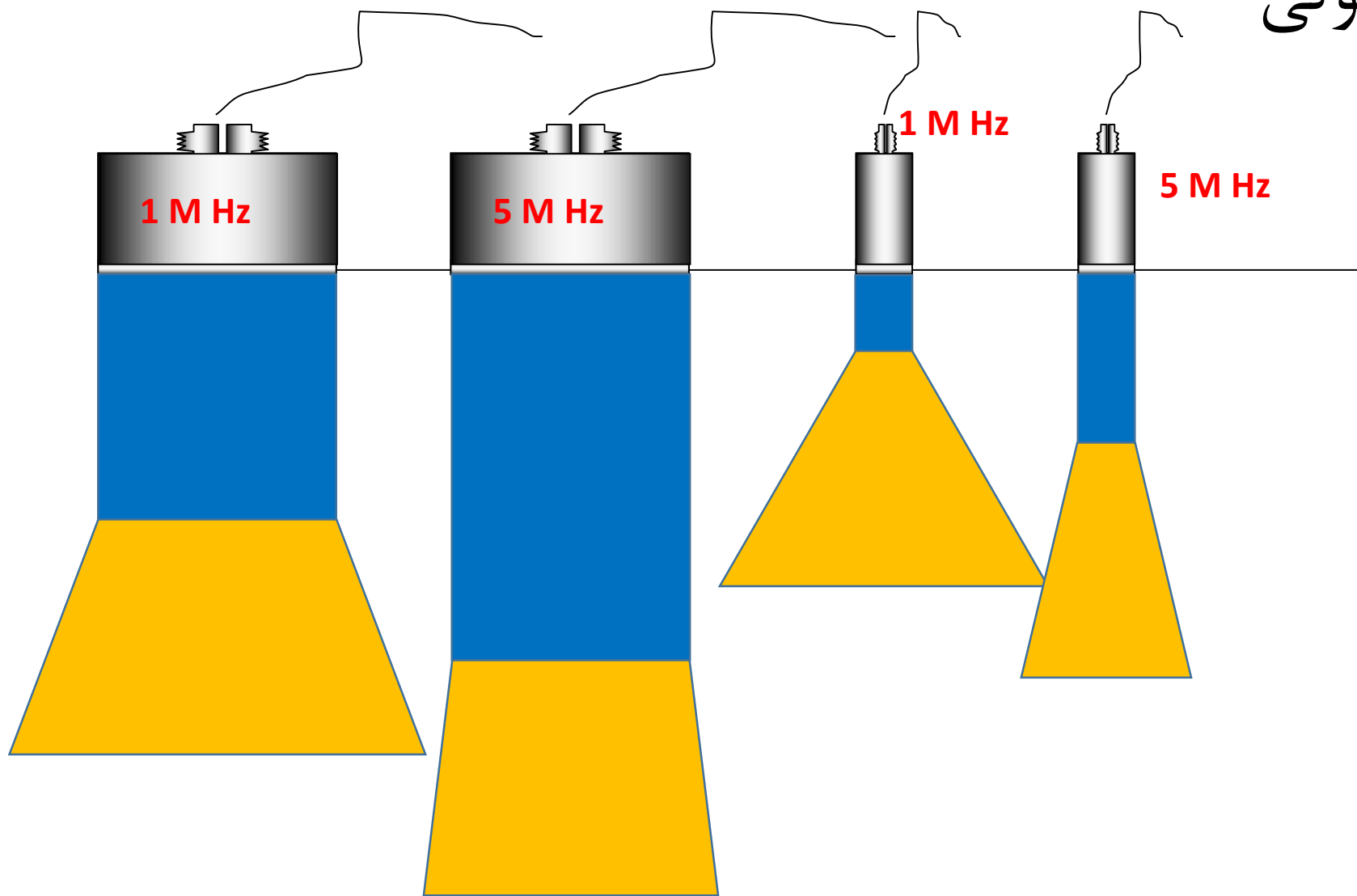
C - سرعت امواج طولی در فولاد 5.9×10^6 m/ sec

f - فرکانس 2.5×10^6 Hz

$$\theta / 2 = 16.88 \text{ deg}$$



حوزه های صوتی



امپدانس (Impedance)

■ امپدانس یا مقاومت ظاهری نشان دهنده قابلیت هدایت امواج ماوراء صوت توسط یک ماده با خواص فیزیکی مشخص است.

$$Z = \rho C$$

Impedance (gr./cm² .Sec)

Density (gr. / cm³)

Velocity (cm / Sec.)

Z - مقاومت ظاهری ماده

ρ - چگالی یا غلظت ماده

C - سرعت انتشار امواج ماوراء صوت در ماده



ضرایب انتقال و انعکاس امواج

1. ضریب نفوذ (Permeability Factor)

■ به درصدی از امواج ماوراء صوت که از مرز بین دو ماده غیر همجنس عبور نموده و در ماده دوم انتشار می‌یابند، گفته می‌شود.

$$P = \frac{4Z_1Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

P - ضریب عبور امواج (نفوذ کرده)

Z_1 - مقاومت ظاهری ماده اول

Z_2 - مقاومت ظاهری ماده دوم



ضرایب انتقال و انعکاس امواج

2. ضریب انعکاس (Reflection Factor)

- به در صدی از امواج ماوراء صوت که در لحظه برخورد در مرز بین دو ماده غیر همجنس منعکس می گردند، گفته می شود.

$$R = \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

R - ضریب انعکاس امواج

Z_1, Z_2 - مقاوت ظاهری ماده اول و دوم

- اگر بین پروب و جسم مورد آزمایش هوا قرار گیرد، انتقال امواج صورت نخواهد گرفت.
- مجموع درصد امواج عبور کرده و انعکاس یافته، با مجموع امواج اولیه ورودی در مرز بین دو ماده برابر است.

$$P + R = 1$$



$$P = \frac{4Z_1Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}, R = \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

ضرایب انتقال و انعکاس امواج

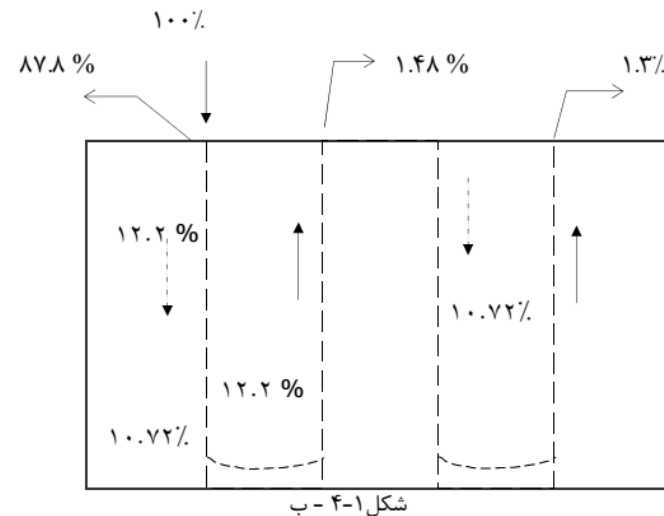
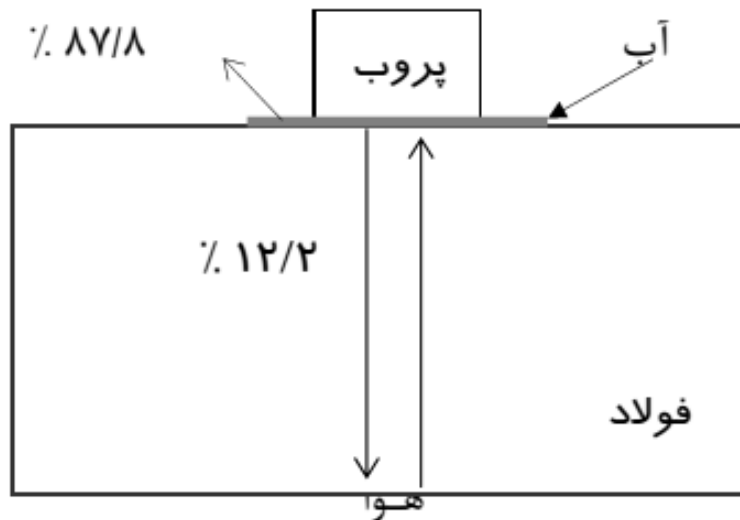
مثال ۱: در زمان آزمایش یک قطعه فولادی، از آب بعنوان سیال رابط^۱ (جایگزین هوا) استفاده شده است، چند درصد از امواج از آب عبور می نمایند و چند درصد قبل از ورود به قطعه منعکس خواهند شد؟

$$Z_1 = 1.5 \cdot 10^5 \text{ gr/cm}^2 \cdot \text{sec.}$$

مقاومت ظاهری آب

$$Z_2 = 46 \cdot 10^5 \text{ gr/cm}^2 \cdot \text{sec}$$

مقاومت ظاهری فولاد



ضرایب انتقال و انعکاس امواج

- عبور و انعکاس امواج، از سیال به جسم و یا از جسم به سیال تفاوت ندارند.
- روی سطوح زبر و ناهموار و همچنین سطوح قوسدار، از گریس معمولی با رنگ روشن استفاده می‌شود تا ضمن پر نمودن ناهمواری‌ها، مانع سایش پروب گردد.
- برای اغلب آزمایش‌ها ترکیب آب و گلیسرین، سیال رابط مناسبی است.
- برای آزمایش روی سطوح صاف مانند ورق‌های فولادی، آب و یا مخلوط آب و گلیسرین سیال مناسبی است. در این حالت علاوه بر ارزانی سیال، هزینه تمیزکاری نیز کاهش می‌یابد.



شدت صوت (Acoustic Intensity)

■ در بحث آلتراسونیک، کمیت انرژی واکنش امواج در برخورد با یک مانع، با واحد شدت صوت، دسی بل تعریف می شود و عبارتست از مقدار انرژی مکانیکی برگشتی به سمت کریستال گیرنده، که به انرژی الکتریکی تبدیل می گردد.

■ شدت صوت منبع P_1 معادل n dB از P_2 بزرگتر است:

$$n \text{ dB} = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2}$$

P_1 - شدت صوت اولیه

P_2 - شدت صوت ثانویه

A_1 - دامنه پالس اولیه

A_2 - دامنه پالس ثانویه

$$n \text{ dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 = 20 \log_{10} \left(\frac{A_1}{A_2} \right)$$



شدت صوت (Acoustic Intensity)

■ اگر آمپلی فایر دستگاه ۲۷ دسی بل تقویت شود، ارتفاع پالس جدید چند برابر می گردد؟

$$n \text{ dB} = 20 \log_{10} \left(\frac{A_1}{A_2} \right)$$

$$27 = 20 \log_{10} \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \Rightarrow \frac{A_1}{A_2} = 10^{\left(\frac{27}{20} \right)} = 22.39$$



رابطه پالس و فرکانس

- پالس عبارت است از یک دسته موج که در واحد زمان تکرار می گردند.
- هر چه طول پالس کوچکتر باشد توانایی تشخیص عیب بیشتر می گردد:

$$\text{Pulse length} = \frac{\text{Velocity} \times \text{number of waves}}{\text{Frequency}}$$

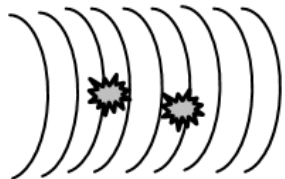
- در یک پراب ۴ MHz اگر زمان انتشار هر پالس ۲ میکروثانیه باشد، طول پالس چقدر است؟

$$\text{Pulse length} = \frac{5.9(\text{km} / \text{s}) \times (4 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-6})}{4 \times 10^6} \approx 12\text{mm}$$

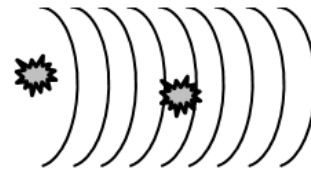
$$\text{Pulse length} = \text{Velocity} \times \text{pulse duration} = 2 \times 5.9 = 11.8\text{mm}$$



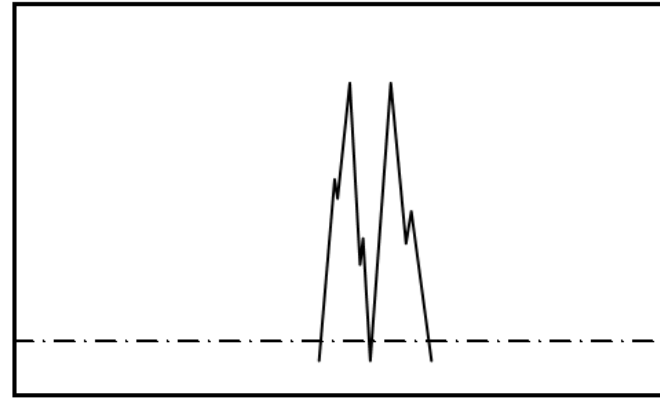
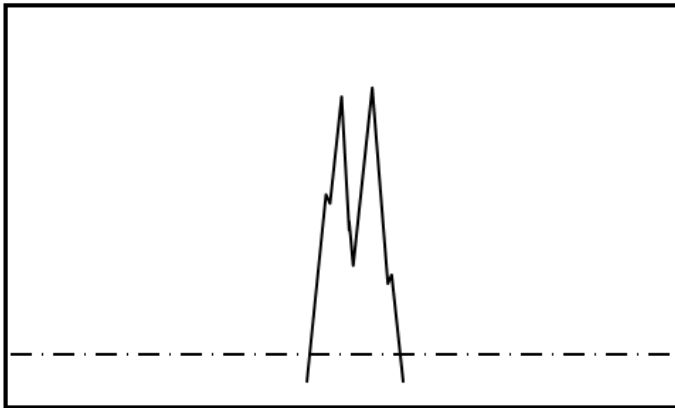
رابطه پالس و فرکانس



ب - دو عیب در فاصله ۳ میلی متری



الف - دو عیب در فاصله ۷ میلی متری



- برای آشکار سازی دو عیب مجاور، باید فاصله بین آنها از نصف طول پالس بیشتر باشد.
- با توجه به ثابت بودن فرکانس هر پروب، هرچه تعداد نوسان پالس‌ها در ثانیه بیشتر گردد، طول پالس کوتاهتر شده و قدرت تفکیک‌سازی افزایش می‌یابد.



اتلاف انرژی صوتی (Attenuation)

- تبدیل انرژی صوتی به گرما
- اصطکاک ناشی از ویسکوزیته
- پسماند نیروهای الاستیکی
- پراکندگی امواج در مرز دانه‌ها



اتلاف انرژی صوتی (Attenuation)

■ اتلاف انرژی صوتی برای فولاد های کربنی ساده و کم آلیاژ با فرکانسی معادل ۲ مگاهرتز تا ضخامت ۱۵۰ میلی متر و با فرکانسی معادل ۴ مگاهرتز تا ضخامت ۷۵ میلی متر قابل اغماض است.

■ به صورت تجربی: در شرایطی که اندازه گیری اتلاف انرژی مقدور نباشد، جایگزینی اتلاف انرژی برای فولاد کربنی ساده و کم آلیاژی به شرح زیر قابل قبول خواهد بود:

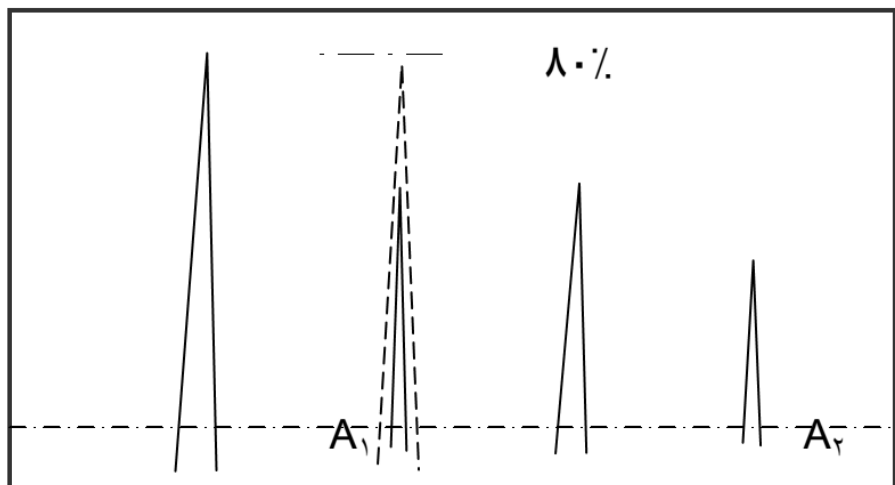
- برای فرکانس ۲/۵ مگاهرتز و فاصله بیش از ۱۵۰ میلی متر، حدود ۰/۳ دسی بل در هر سانتی متر و برای فرکانس ۴ مگاهرتز و فاصله بیش از ۷۵ میلی متر، حدود ۰/۶ دسی بل در هر سانتی متر منظور گردد.



اتلاف انرژی صوتی (Attenuation)

- در فلزاتی مانند چدن، برای کاهش اتلاف انرژی صوتی باید از حداقل فرکانس با طول موجهای بزرگ استفاده نمود.
- تا فاصله سه برابر حوزه نزدیک، حد تغییرات دامنه نسبت به مسافت طی شده یکنواخت نیست، بنابراین اندازه‌گیری دقیق اتلاف انرژی صوتی، تا فاصله حداقل سه برابر حوزه نزدیک غیرممکن است.
- هرگاه برای جبران اتلاف انرژی صوتی، افزایش دسی بل موجب افزایش ارتفاع پالس‌های چمنی بیش از ۱۰٪ ارتفاع صفحه تصویر گردد، لازم است تا روش آزمایش تغییر یابد.





روش های اندازه گیری اتلاف انرژی

الف- اندازه گیری با پروب صفر درجه

۱- اندازه گیری طول حوزه نزدیک.

۲- تنظیم محور افقی صفحه تصویر با نمونه استاندارد با طول بیش از ۶ برابر طول حوزه نزدیک.

۳- انتخاب دو پالس روی صفحه دستگاه: پالس اول (A_1) در فاصله بیش از سه برابر حوزه نزدیک قرار گیرد و فاصله پالس دوم (A_2) دو برابر پالس اول باشد.

۴- تغییر ارتفاع پالس اول به حد ۸۰٪ ارتفاع صفحه تصویر (S_1).

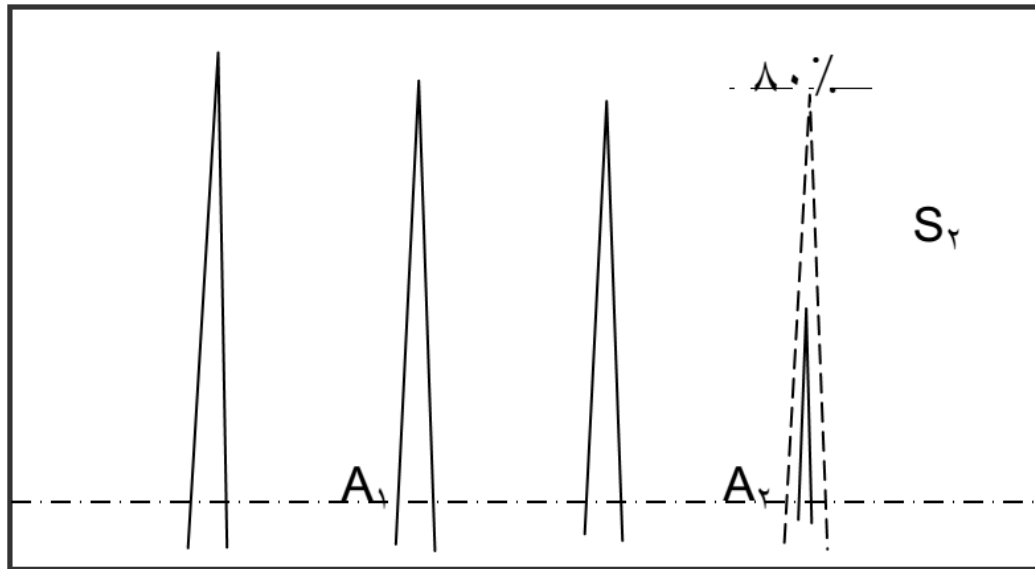


روش های اندازه گیری اتلاف انرژی

الف- اندازه گیری با پروب صفر درجه

۵- افزایش ارتفاع پالس دوم به حد ۸۰٪ ارتفاع صفحه تصویر (S_2).

۶- محاسبه اتلاف انرژی صوتی توسط رابطه زیر:



$$A = \frac{(S_2 - S_1) - 6}{2T}$$

* به مثال صفحه ۹۰ مراجعه شود.

A اتلاف انرژی صوتی (dB/mm)

T فاصله طی شده بین پالس اول و دوم (mm)

روش های اندازه گیری اتلاف انرژی

الف - در زمان آزمایش روی قطعات اصلی، ضریب اتلاف بدست آمده در مجموع مسافت رفت و برگشت ضرب شده و ضریب جبران اتلاف انرژی محاسبه می شود.

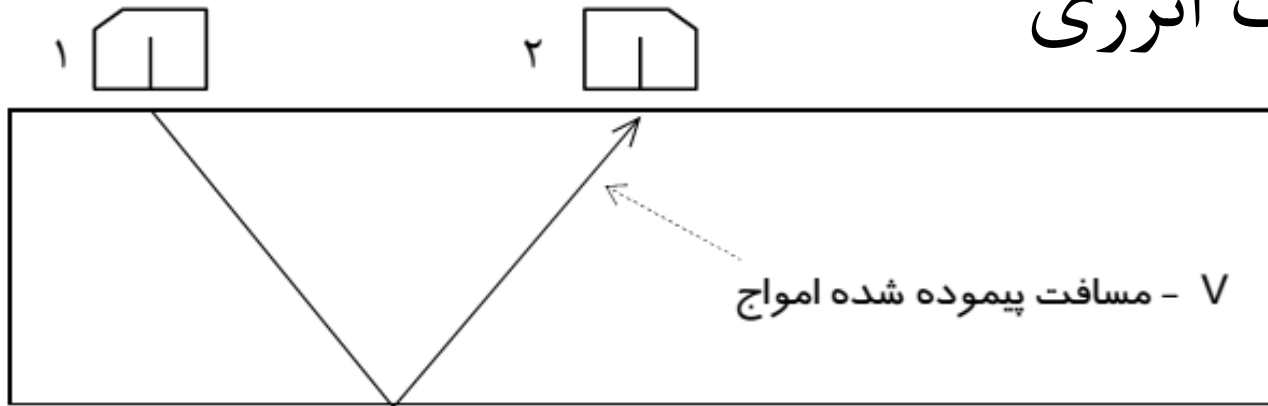
مثلاً اگر ضریب اتلاف برابر با ۰.۰۵ بوده و ضخامت ۷۰ میلی متر باشد، باید معادل ۷ دسی بل آمپلی فایر تقویت گردد.

$$A = 0.05 \times 2 \times 70 = 7 \text{ dB}$$

ب - چنانچه وجود اتلاف انرژی صوتی در جسمی موجب افزایش غیرعادی دسی بل گردد، پالس های ریز چمنی با ارتفاعی بیش از ۱۰٪ مانع آزمایش خواهند شد. در چنین حالتی، باید از پروبی متناسب با ساختار جسم استفاده نمود.



روش های اندازه گیری اتلاف انرژی



ب- اندازه گیری با پروب زاویه ای

۱- اندازه گیری طول حوزه نزدیک.

۲- تنظیم محور افقی صفحه تصویر به اندازه حداقل دو گام.

۳- تنظیم فواصل پروب فرستنده ۱ و پروب گیرنده ۲.

۴- تقویت پالس دریافتی تا ۸۰٪ ارتفاع صفحه. (یادداشت کردن V فاصله و S_1 دسی بل).

۵- قرار دادن پروب گیرنده در فاصله دوگام از پروب فرستنده و تقویت پالس دریافتی تا ارتفاع

۸۰٪ (یادداشت کردن W فاصله و S_2 دسی بل).



روش های اندازه گیری اتلاف انرژی

ب- اندازه گیری با پروب زاویه ای

$$A = \frac{(S_2 - S_1) - 6}{2(W - V)}$$

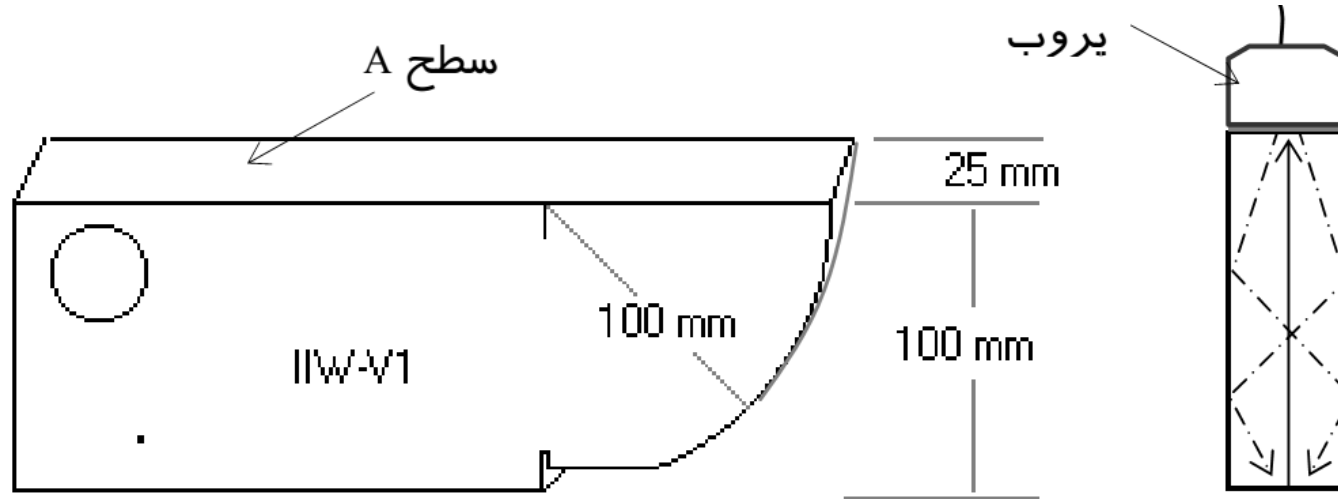
۶- محاسبه اتلاف انرژی صوتی توسط رابطه روبرو:

* به مثال صفحه ۹۳ مراجعه شود.

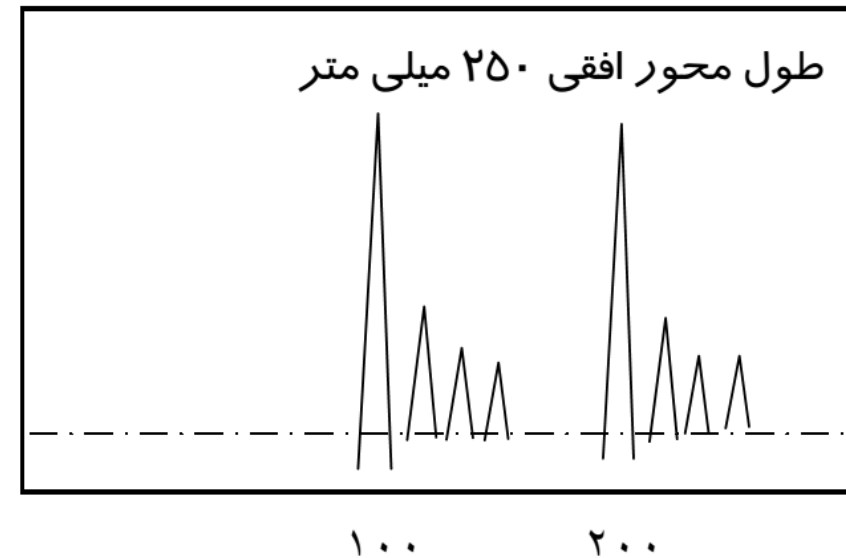


انواع واکنش‌های تبدیل موج

۱- واکنش‌های جداری

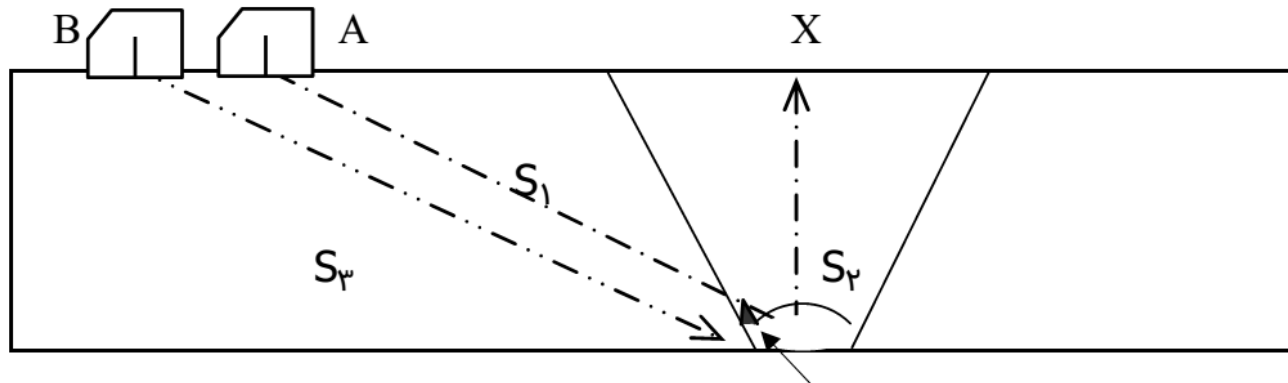


چرا در صفحه تصویر، پالس‌های امواج جداری نزدیک به پالس‌های ضخامت واقعی نمونه دیده می‌شوند؟



انواع واکنش های تبدیل موج

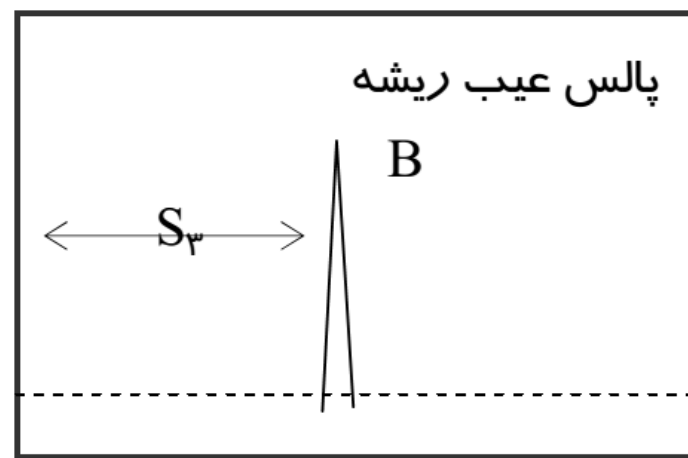
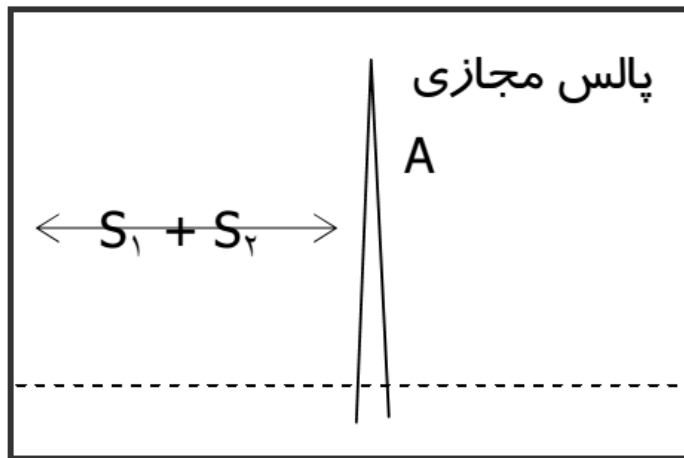
۲- تبدیل امواج عرضی به طولی



تقعر ریشه جوش

روش تشخیص پالس مجازی از پالس ناشی از عیب؟

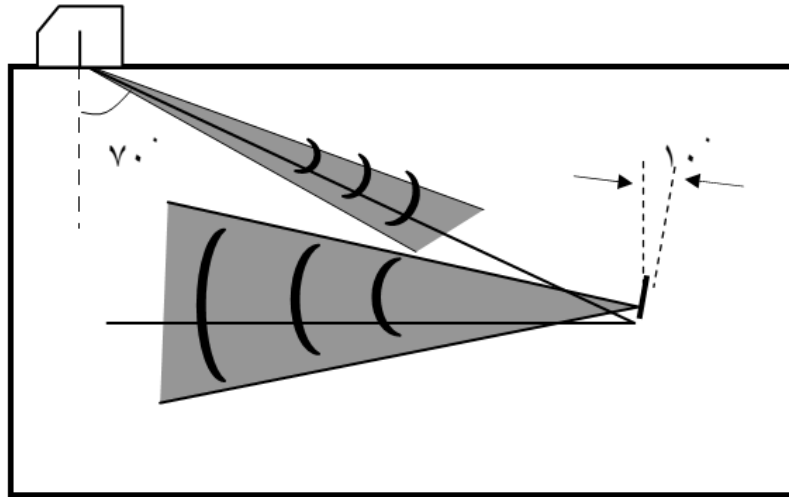
اگر با قرار دادن انگشت دست آغشته به سیال در نقطه X پالس روی صفحه تصویرمحوگردد، پالس مجازی است. در غیر اینصورت پالس موجود، نتیجه واکنش امواج در برخورد با یک عیب واقعی در ریشه جوش است.



انواع واکنش های تبدیل موج

۳- اندازه گیری با پروب زاویه ای

پروب زاویه ای ۷۰ درجه با فرکانس ۴ مگاهرتز



صفحه تصویر
بدون پالس عیب



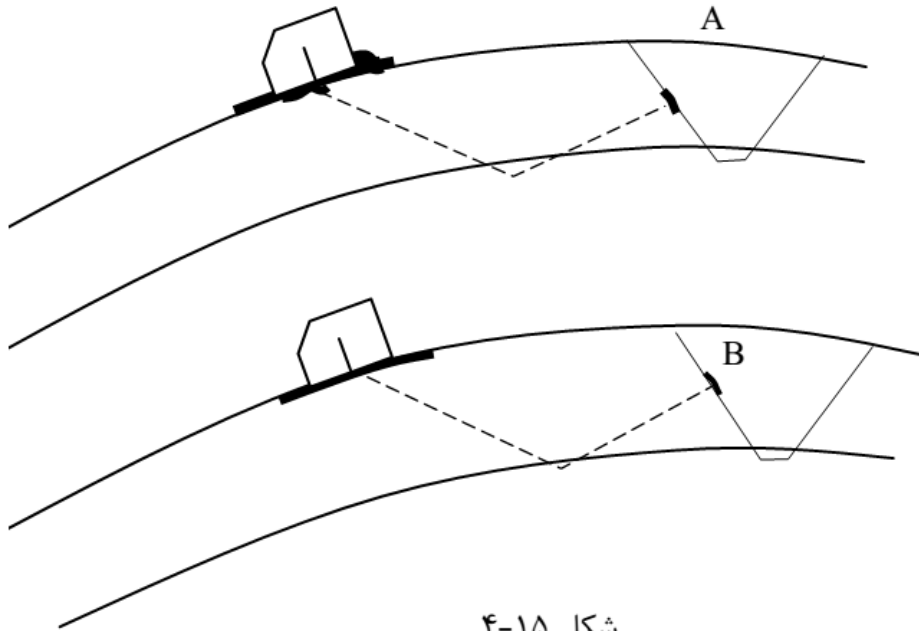
پروب زاویه ای ۷۰ درجه با فرکانس ۲ مگاهرتز

توجه: برای آزمایش جوش، همواره لازم است تا قبل از آزمایش، نوع فرایند جوشکاری، آرایش اتصال و عیوب احتمالی آن مورد مطالعه قرار گیرد. چنانچه امکان دسترسی به فرکانس های متنوعی برای آزمایش نباشد حتی الامکان از دو پروب با دو زاویه متفاوت و از دو سمت جوش آزمایش انجام گیرد.

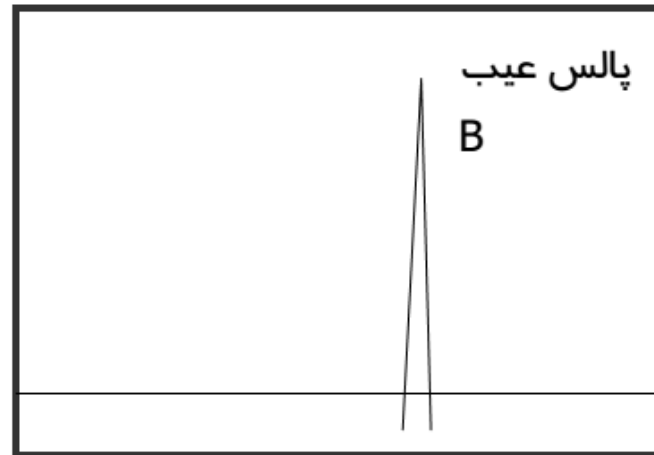
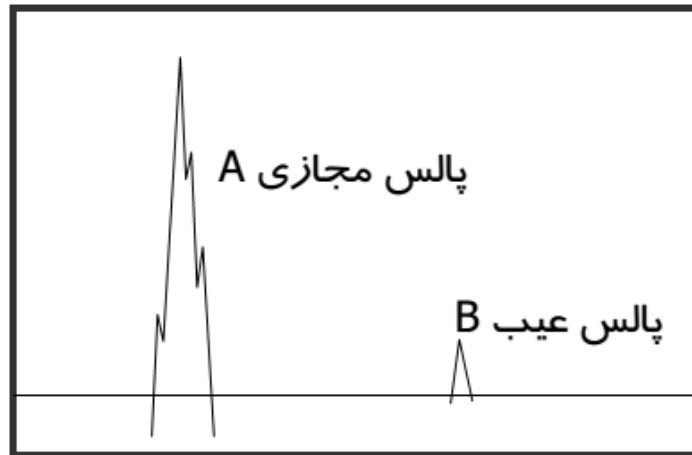


انواع واکنش های تبدیل موج

۴- تجمع سیال رابط (گریس)



شکل ۴-۱۵



انواع واکنش های تبدیل موج

۴- تجمع سیال رابط (گریس)

- تجمع گریس در جلوی پروب در آزمایش سطوح قوس دار، نظیر آزمایش جوش طولی لوله های قطر پائین و یا آزمایش با پروب های ۶۰ و ۷۰ درجه روی سطوح تخت و غیر منحنی.
- معمولاً پالس واکنش امواج در برخورد با تجمع گریس، در فاصله ای بیشتر از نیمی از طول حوزه نزدیک ظاهر می گردد و دارای شدت زیاد است.
- اگر پالس مجازی و محصول تجمع گریس باشد به محض تماس انگشت دست با گریس محو خواهد شد.



انواع واکنش های تبدیل موج

۵- سطوح ناهموار

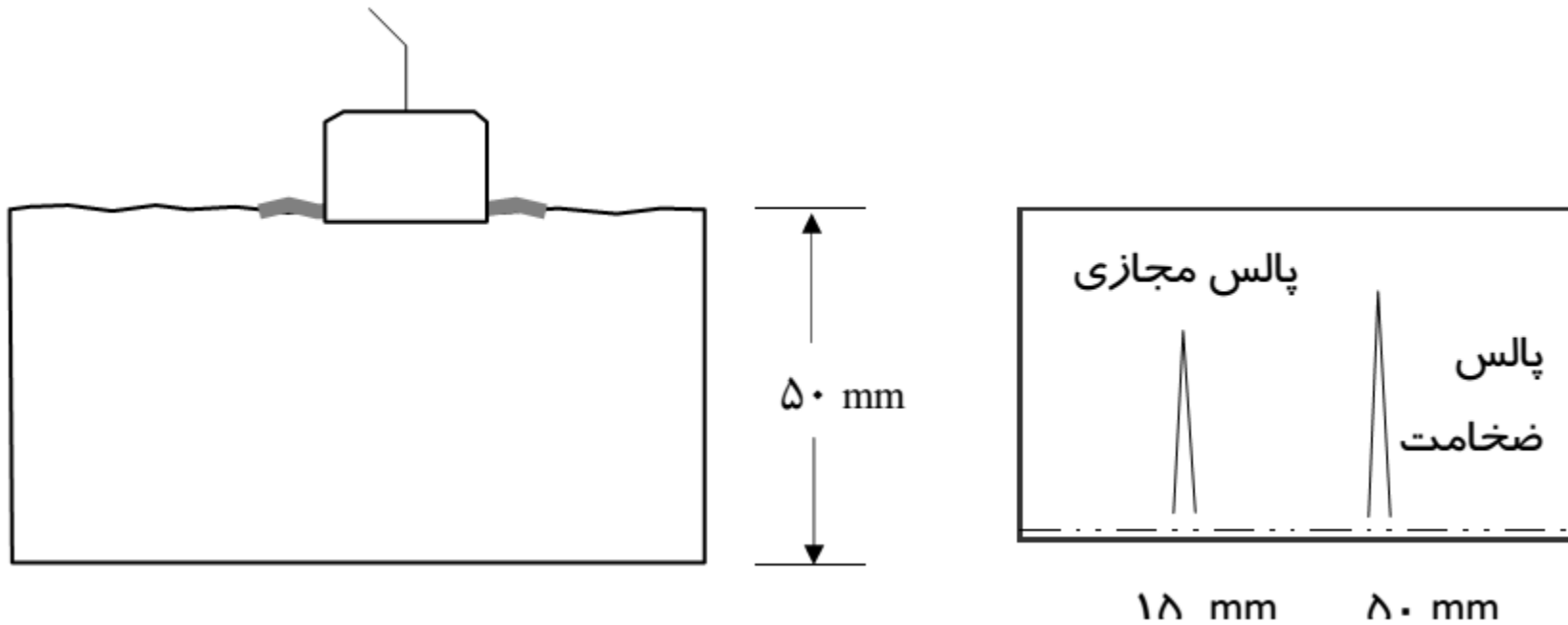
- سطح زبر و ناهموار، در هر تکنیکی می تواند اثر نامطلوبی در نتیجه آزمایش داشته باشد. به همین دلیل در استانداردها، برای زبری سطوح ، حد و مرزی تعیین شده است.
- هرگاه حد زبری و ناهمواری سطح قطعات مورد آزمایش بیش از $0/3$ طول موج گردد، انتقال امواج به درون قطعات با مشکل عملی مواجه خواهد شد.
- چنانچه میزان ناهمواری از حد متعادلی بیشتر گردد، سبب بروز پدیده انکسار در سطح تماس پروب با قطعه کار خواهد شد. اثر چنین پدیده ای برای پروبهای صفر درجه دو کریستاله بسیار محسوس تر می باشد.



انواع واکنش های تبدیل موج

۵- سطوح ناهموار

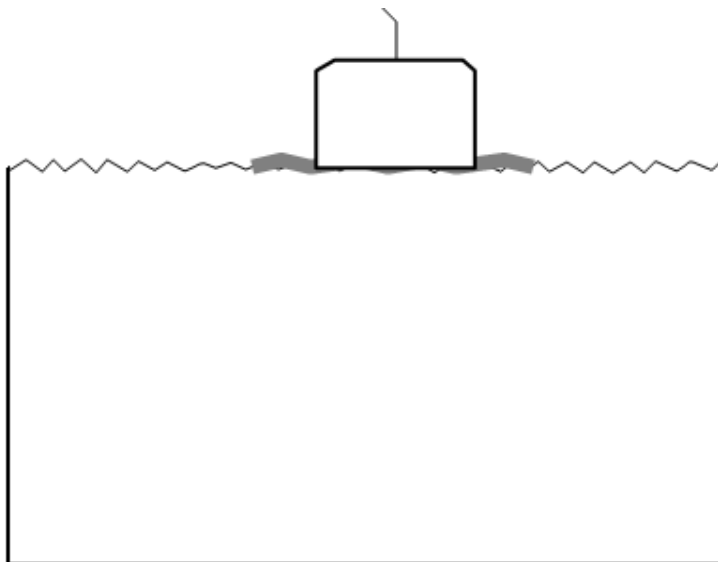
- شکل پالس عیب در فاصله ای بین ۱۲ تا ۱۵ میلی متری روی صفحه تصویر دیده خواهد شد.



انواع واکنش های تبدیل موج

۵- سطوح ناهموار

■ اگر زبری به شکل خطوط شیاری (اثر ماشین کاری) باشد استفاده از لایه بیشتر ماده رابط نیز مشکل را حل نخواهد نمود و توصیه می شود در درجه اول سطح صاف شود و در صورت میسر نبودن از پروب تک کریستاله استفاده گردد.



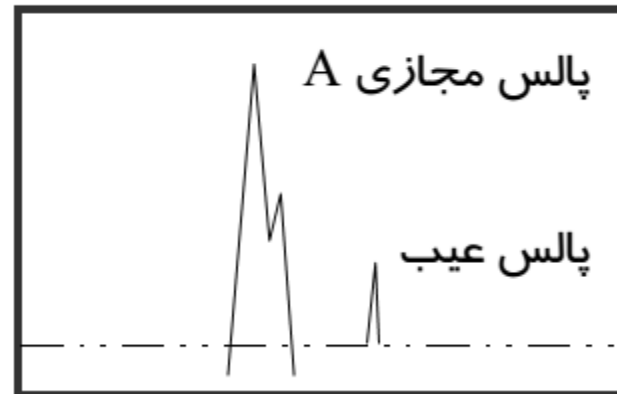
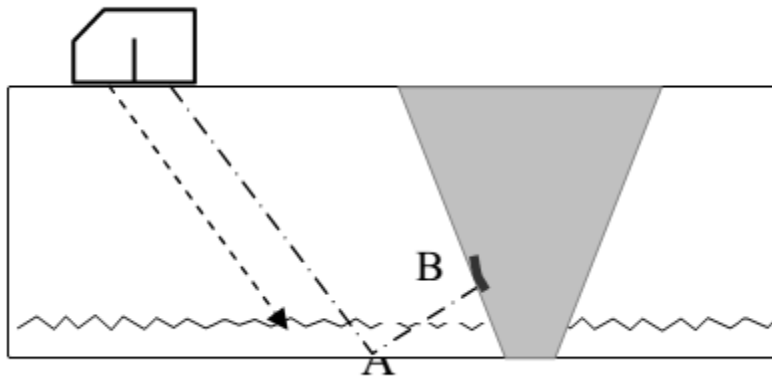
■ پالس های مجازی تکراری در صفحه تصویر در بازرسی سطح کار بسیار زبر و دندانه ای.



انواع واکنش های تبدیل موج

۶- ناهمواری پشت قطعات

- از برخورد امواج با ناهمواری سطح پشت قطعات و بیشتر برای پروب زاویه ای با شیب تند (پروب های ۳۸ ، ۳۵ و ۴۵ درجه) ایجاد می شوند.
- پالس مجازی قوی تری نسبت به پالس واکنش از یک عیب واقعی را بوجود می آید.



انواع واکنش های تبدیل موج

۶- ناهمواری پشت قطعات

- برای اطمینان از نوع واکنش باید با رسم نموداری از مقطع جوش، موقعیت عیب بررسی گردد. معمولاً چنانچه سطح پشت قطعه ناهموار و زبر تشخیص داده شد، بهتر است از پروبی با شیب کمتر مانند ۶۰ و ۷۰ درجه استفاده نمود.



انواع واکنش های تبدیل موج

۷- ساختار دانه بندی

■ در فلزاتی با دانه بندی درشت مانند قطعات ریخته گری، درشتی دانه ها و مرزدانه ها موجب پراکندگی امواج و پالس های مجازی می شوند. مانند موارد زیر:

❖ گرافیت های خطی و کروی در بعضی چدن ها

❖ وقتی اندازه دانه بندی ساختار ماده ای بیش از یک دهم طول موج باشد.

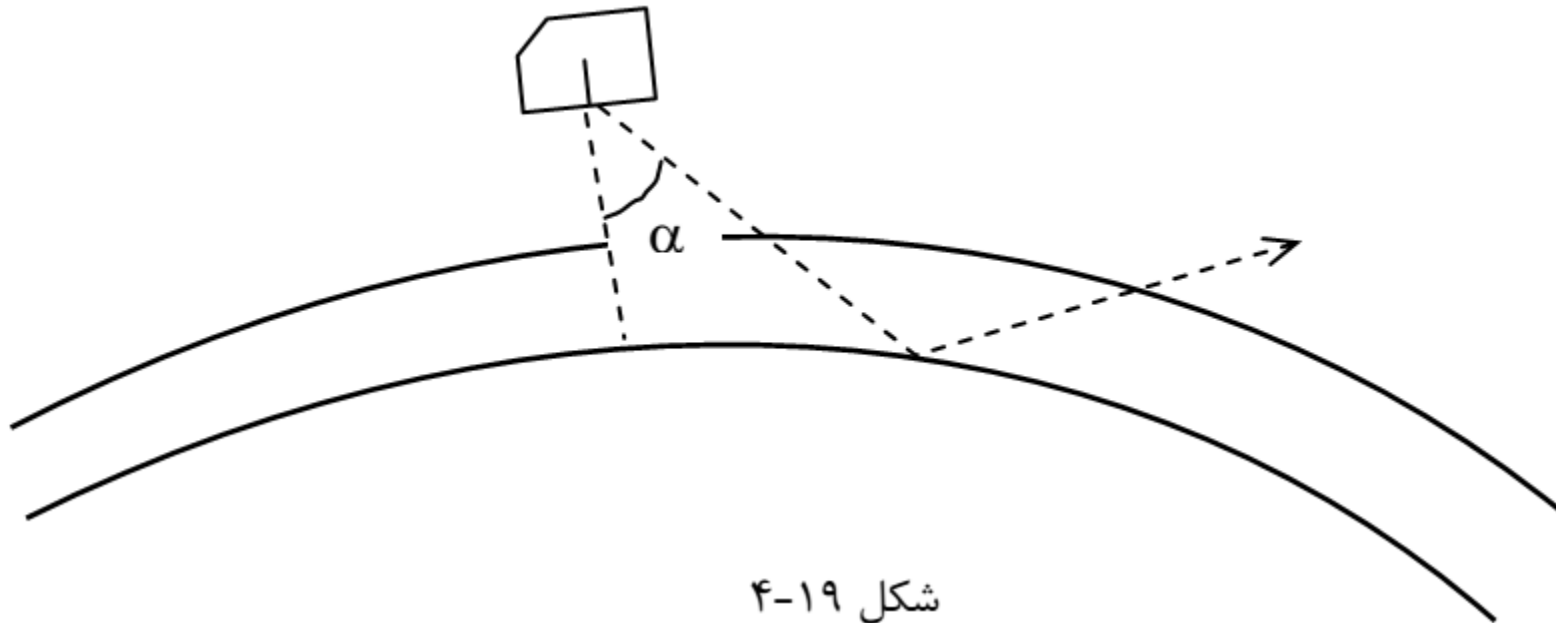
❖ چنانچه در صد کربن موجود در چدن ها، خصوصاً در چدن خاکستری از ۴٪ بیشتر گردد (به دلیل وجود دانه های گرافیتی).



انواع واکنش های تبدیل موج

۸- سطوح قوس دار

- یکی دیگر از مواردی که ممکن است موجب تولید پالس مجازی گردد، تبدیل موج در قطعات غیر تخت و قوس دار می باشد.

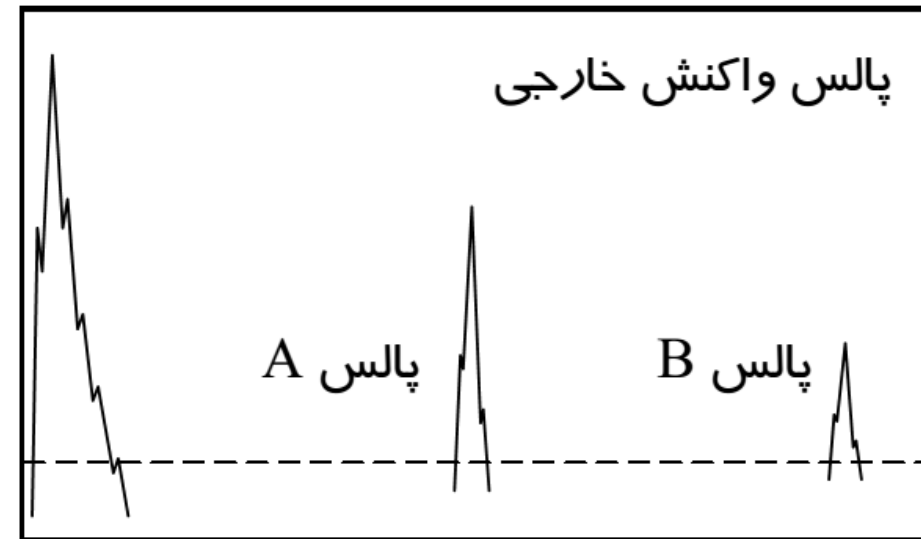
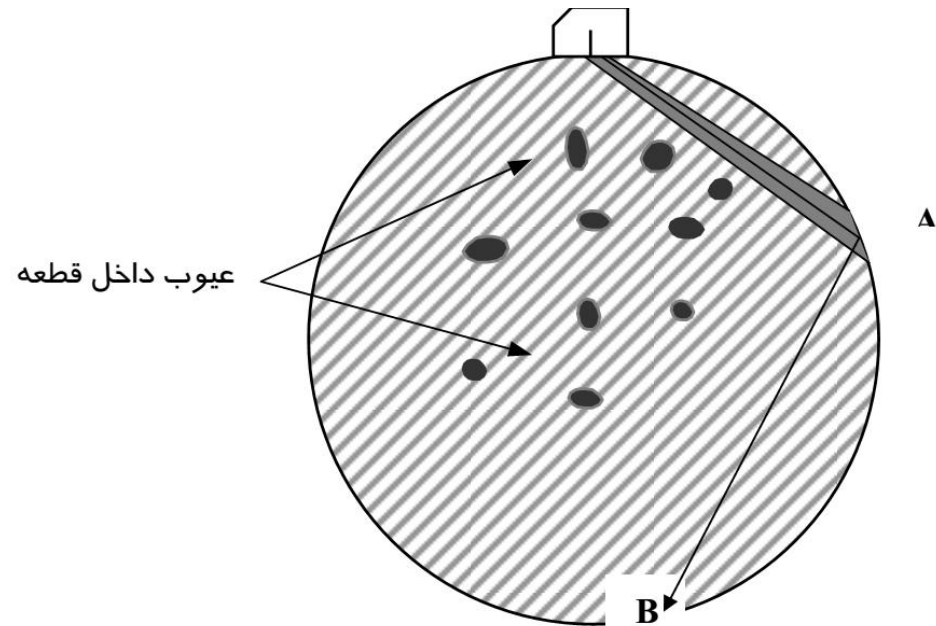


شکل ۴-۱۹

انواع واکنش های تبدیل موج

۸- سطوح قوس دار

- در قطعات استوانه ای توپر و کروی نیز، ممکن است امواج بدون نفوذ در عمق، به سطح مقابل برخورد نموده و پالس جداره خارجی در صفحه تصویر دیده می شود.



انواع واکنش های تبدیل موج

۹- سطوح داغ

- یکی از عوامل بوجود آورنده پالس های غیرواقعی، دمای زیاد قطعات و درجه حرارت سطوح آزمایش می باشد.
- دریافت پالس های واکنش از موانع در فواصل غیر واقعی به دلیل انبساط حجمی فلزات، فاصله رفتن دانه ها و تغییر سرعت انتشار امواج (کاهش). مخصوصاً در ضخامت سنجی
- به همین منظور در زمان ضخامت سنجی روی سطوح داغ باید ضریبی برای تعدیل ضخامت بازا افزایش درجه حرارت در نظر گرفته شود.
- طبق توصیه استاندارد ASTM برای اکثر مواد فولادی، به ازاء هر ۵۵ درجه سانتی گراد ۱٪ خطای ضخامت منظور می گردد.



انواع روشهای آلتراسونیک

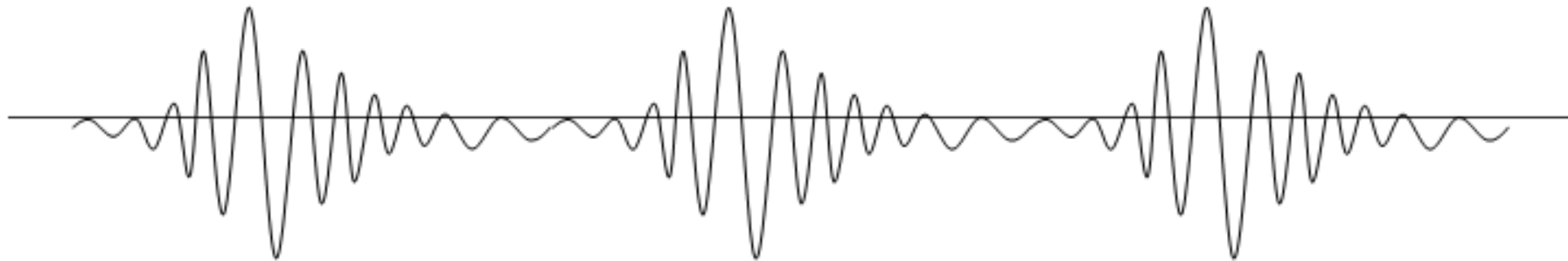
■ آزمایش های آلتراسونیک به تناسب نوع انتشار امواج، مکانیزم پاسخ گیری و نوع دستگاه ها به چهار روش اصلی زیر تقسیم می شوند:

Pulse Echo Method	الف- روش پالس اکو
Transit Time Method	ب- روش زمان سنجی
Resonance Method	ج- روش رزونانس
Through Transmission Method	د- روش انتقال سر به سر



الف- روش پالس اکو

- به هر فرآیند صوتی که امواج آن به شکل پالس‌های تکراری در واحد زمان انتشار یابند، پالس اکو گفته می‌شود.
- در سیستم پالس اکو، در فاصله بین پالس‌ها کریستال بصورت گیرنده عمل می‌کند و انرژی مکانیکی بازتابش امواج به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد.



الف- روش پالس اکو

- در یک پروب تک کریستاله، کریستال بطور متناوب در واحد زمان، هم بصورت فرستنده و هم بصورت گیرنده عمل می کند (Transceiver).
- آنچه که در صفحه تصویر یک دستگاه آلتراسونیک با تکنیک پالس-اکو ظاهر می شود، نتیجه واکنش امواج در برخورد با انواع ناپیوستگی ها در ماده است.



سیستم های تصویری پالس اکو

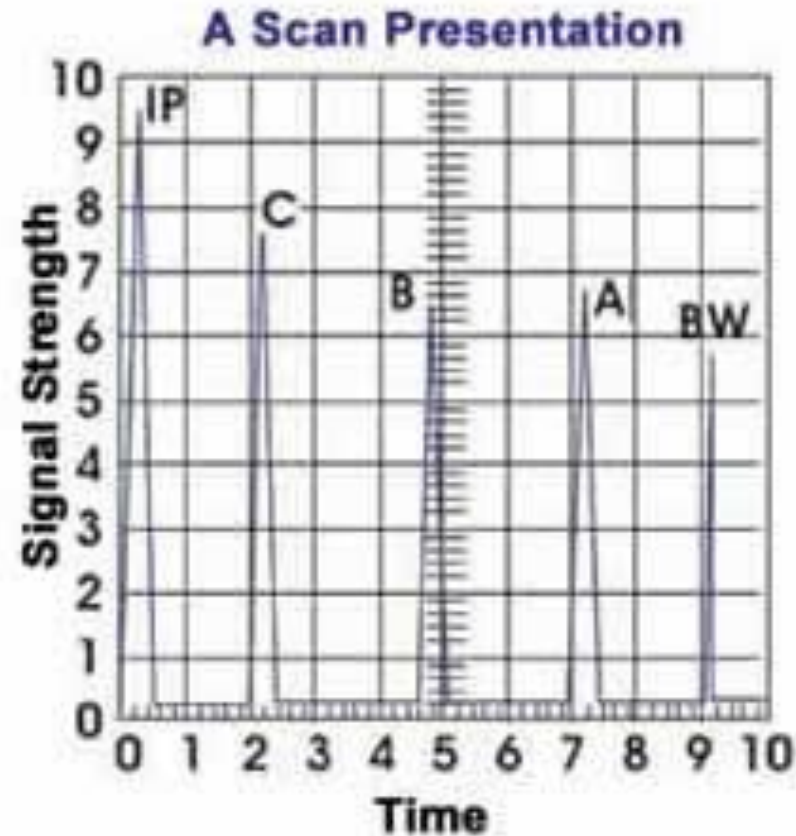
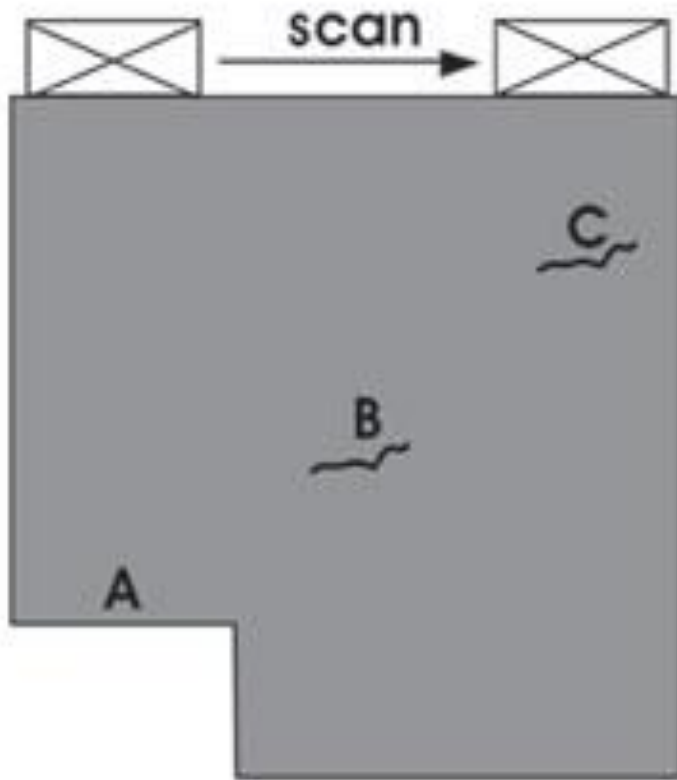
۱- سیستم نمایش آ اسکن (A-scan)

- تغییرات پارامتری پالس های واکنش امواج در دو بعد طولی و عمودی روی صفحه تصویر دیده می شود که بعد طولی معرف زمان طی شده امواج و بعد عمودی شدت و دامنه واکنش امواج را نشان می دهد.
- با تفسیر علائم دریافت شده از واکنش امواج، شکل، اندازه، نوع و موقعیت عیوب ارزیابی می گردد.
- قبل از هر آزمایش با این سیستم، صفحه تصویر دستگاه، با یک نمونه استاندارد و یا نمونه مرجع تنظیم شده و نتایج واکنش امواج بر اساس داده های اولیه، قابل تفسیر خواهند بود.



سیستم های تصویری پالس اکو

۱- سیستم نمایش آاسکن (A-scan)



سیستم های تصویری پالس اکو

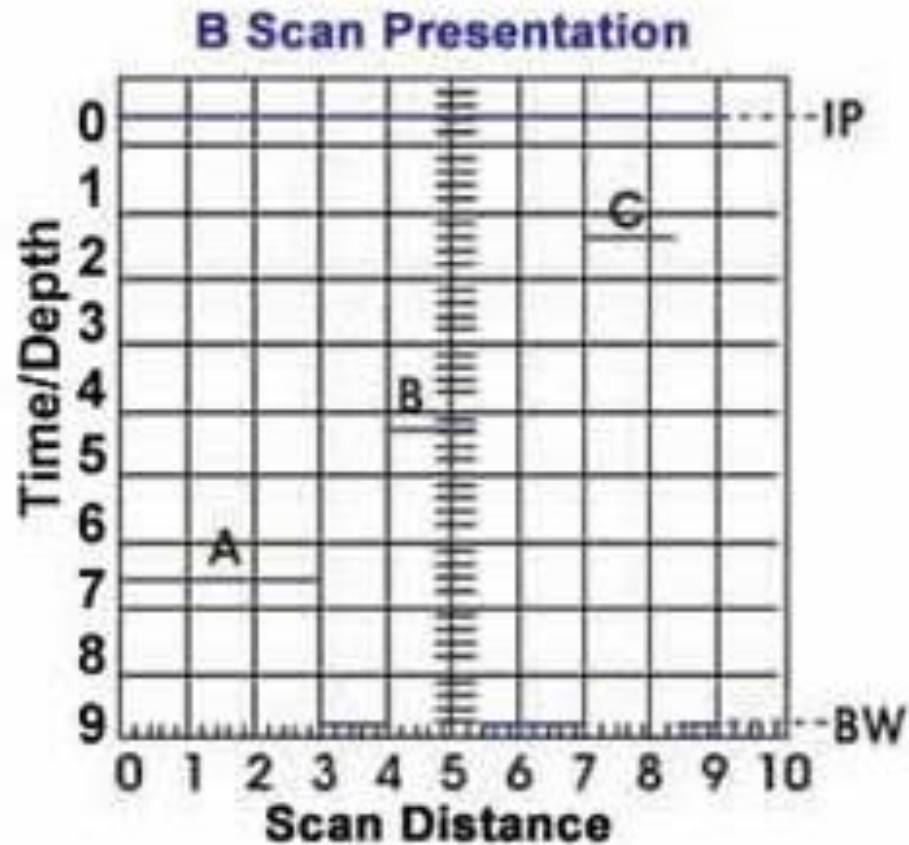
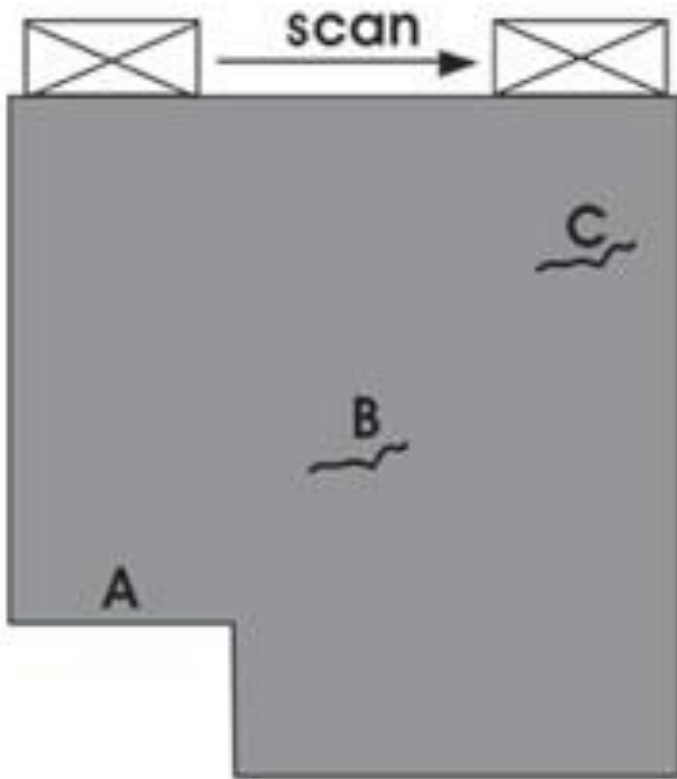
۲- سیستم نمایش بی اسکن (B-scan)

- یک محور نشان دهنده امتداد حرکت خطی پروب و محور دیگر نمایشگر زمان طی شده توسط امواج است.
- با تفسیر علائم دریافت شده از واکنش امواج، شکل، اندازه، نوع و موقعیت عیوب ارزیابی می گردد.
- نتیجه واکنش امواج در برخورد با سطوح جلوی قطعه، جلوی عیب، پشت عیب و پشت قطعه، با ترکیبی از رنگهای متفاوت نشان داده می شود که با تفسیر غلظت رنگها، عمق و اندازه عیب قابل تشخیص خواهد بود.



سیستم های تصویری پالس اکو

۲- سیستم نمایش بی اسکن (B-scan)



سیستم های تصویری پالس اکو

۲- سیستم نمایش بی اسکن (B-scan)

- سیستم بی اسکن برای آزمایش قطعات مشابه با اندازه های کوچک تکنیک بسیار مناسبی بشمار می آید و در مقایسه با آسکن سرعت بسیار بالاتری دارد.
- برای نتیجه گیری دقیق تر از نتایج، باید همواره از پروب هایی با قطر کم و فرکانس زیاد استفاده نمود.
- نوع حرکت پروب در زمان آزمایش بسیار اهمیت دارد. بطوریکه ضمن حفظ راستای مسیر حرکت پروب و جابجائی آن، سرعت حرکت نیز باید ثابت و یکنواخت باشد.



سیستم های تصویری پالس اکو

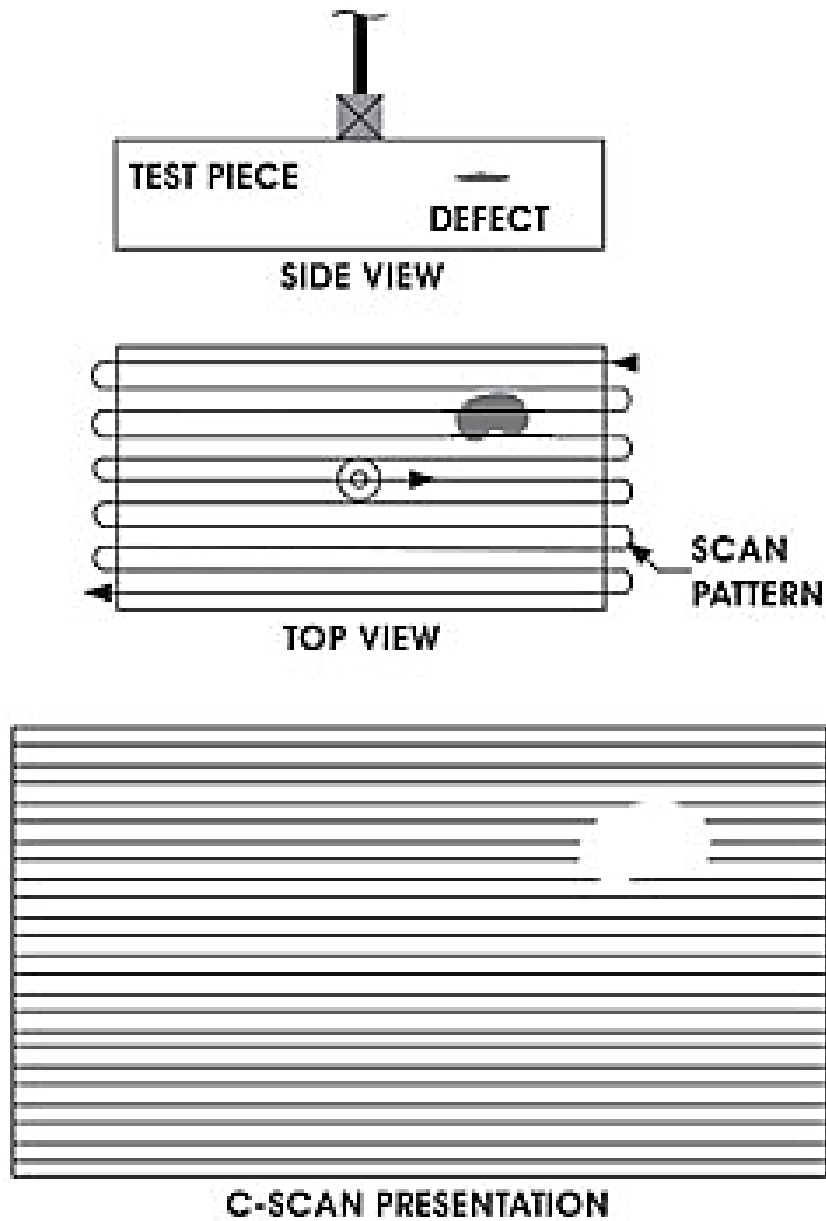
۳- سیستم نمایش سی اسکن (C-scan)

- در این سیستم، نمای کامل کلیه نقاطی که تحت تابش امواج قرار می گیرند، بصورت تصویری از نمای بالا نمایش داده می شود.
- سیستم دستگاه های سی اسکن بیشتر کاربرد آزمایشگاهی دارند و به ندرت ممکن است در کارهای میدانی از آن استفاده شود. از این سیستم در کارخانه های تولیدی برای کنترل کیفیت قطعات مشابه نیز استفاده می گردد.



سیستم های تصویری پالس اکو

۳- سیستم نمایش سی اسکن (C-scan)



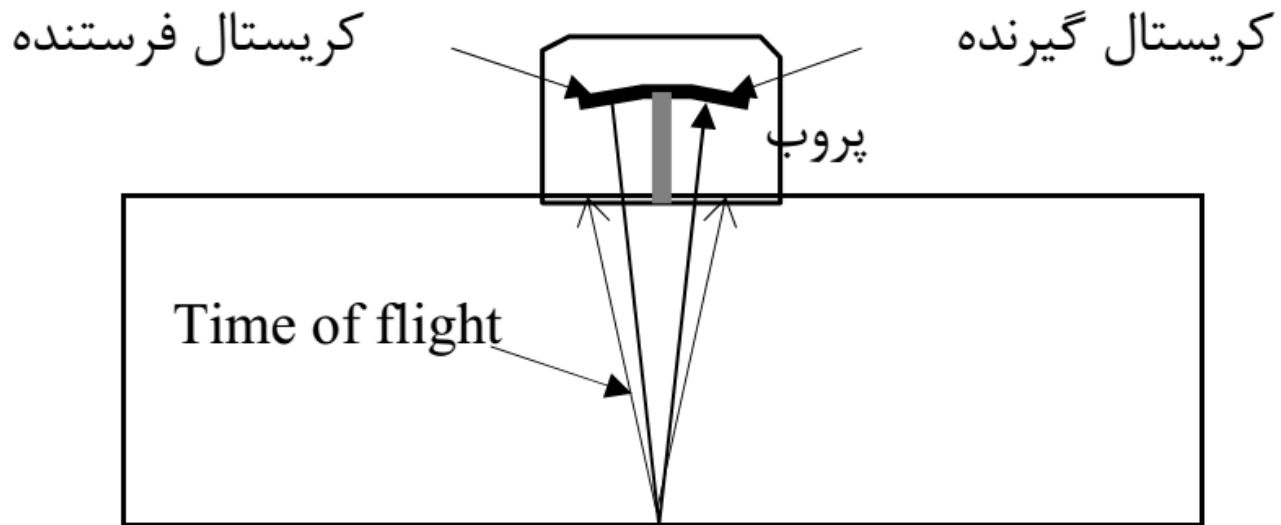
مقایسه سیستم های تصویری پالس اکو

- تفسیر نتایج از طریق دو سیستم بی اسکن و سی اسکن نسبت به سیستم آسکن به مراتب آسان تر و قابل استنادتر است.
- تفسیر نتایج آسکن بیشتر به مهارت و دانش اپراتور متکی است و فاکتورهای تاثیرگذار در شکل ظاهری پالس، می توانند به صورت اختیاری محو یا تقویت گردند. به همین دلیل با در استفاده از دستگاه های غیراتوماتیک آسکن، بکارگیری چاپگر برای چاپ نمودارها و بایگانی آنها مزیت خاصی ایجاد نمی کند و فقط این امکان را به آزمایشگر می دهد تا بعضی از نتایج ثبت شده را در مراحل بعدی مشاوره و کارشناسی استفاده نماید.
- دستگاه های بی اسکن و سی اسکن در مقایسه با آسکن بسیار گران قیمت بوده و به علت حجیم بودن برای کارهای بیابانی مناسب نمی باشند.



ب - روش زمان سنجی

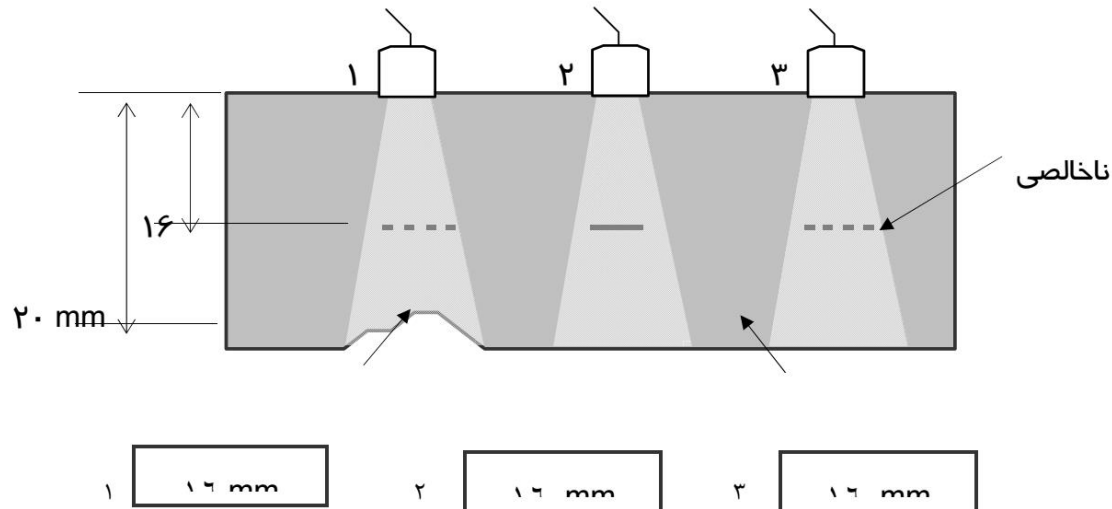
- در روش زمان سنجی، مدت زمان طی شده امواج از لحظه ورود به قطعه مورد آزمایش تا لحظه برخورد با سطح پشت آن توسط ساعت الکترونیکی دستگاه آلتراسونیک مورد محاسبه قرار می‌گیرد و زمان طی شده (Time-of-Flight) بصورت نمادی از ضخامت در صفحه نمایش الکترونیکی دیده می‌شود.



ب - روش زمان سنجی

■ در سیستم ضخامت‌سنج، همیشه اولین فرمان واکنش امواج در برخورد با مانع، مبنای سنج قرار می‌گیرد و دستگاه بدون توجه به اندازه مانع، سیستم زمان‌سنج را فعال می‌کند.

■ هیچگاه نباید از ضخامت‌سنج معمولی بعنوان یک دستگاه عیب‌یاب خصوصاً در زمینه تشخیص خوردگی استفاده نمود.



ب - روش زمان سنجی: ضخامت سنج های آسکن و بی اسکن

■ به منظور کارآمد نمودن ضخامت‌سنج‌ها برای عیب‌یابی (خصوصاً خوردگی)، در بعضی از ضخامت‌سنج‌ها، هر دو سیستم پالس-اکو و زمان‌سنج در یک مجموعه ادغام شده‌اند. بطوریکه در صفحه نمایش، هر دو حالت دیجیتال و نمودار، تماماً مشاهده می‌گردند.

■ در این نوع ضخامت‌سنج‌ها، علاوه بر واکنش امواج در برخورد با عیوب ریز، پالس سایر واکنش‌های امواج نیز در صفحه تصویر دیده خواهد شد. در چنین شرایطی می‌توان از طریق مقایسه عدد ضخامت با ارتفاع پالس، علت کاهش ضخامت را تشخیص داد.



ج - روش رزونانس

■ در فرآیند رزونانس که به تکنیک تشدید صوتی نیز موسوم است، امواج ماوراءصوت با فرکانس معینی تمام ضخامت قطعه مورد آزمایش را به ارتعاش یکنواخت درمی آورد.

$$F_f = c / \lambda t \quad \text{رابطه فرکانس پایه (بخش ۲)}$$

$$\lambda t = c / F_f \quad \Rightarrow \quad c/f = \lambda$$

$$\lambda t = \lambda \quad \Rightarrow \quad t = \lambda/2 \quad \Rightarrow \quad t = n\lambda/2$$

■ در روش رزونانس، وقتی جسمی تحت آزمایش قرار می گیرد، مولد دستگاه، فرکانسی متناسب با ضریبی از نصف طول موج تولید می کند. اندازه و تعداد طول موج هائی که در قطعه انتشار می یابند، مبنای سنجش دستگاه قرار می گیرد.



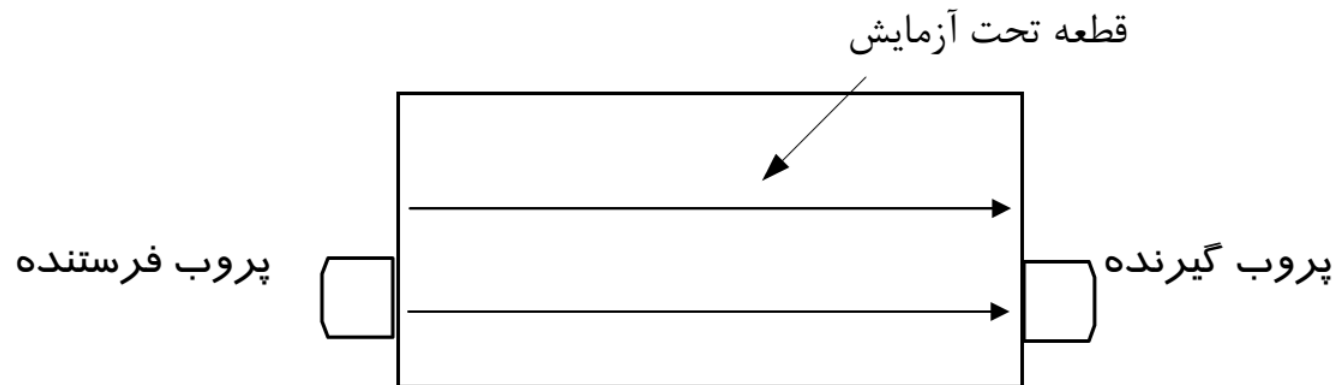
ج - روش رزونانس

- اگر در جسم مورد آزمایش، ناپیوستگی وجود داشته باشد، امواج در برخورد با آن، مانند برخورد با ضخامت عمل نموده و مولد دستگاه، بطور خودکار با تغییر فرکانس، اندازه طول موج را متناسب با عمق ناپیوستگی تغییر خواهد داد و عمق ناپیوستگی بدست می آید.
- تکنیک رزونانس بیشتر برای اندازه گیری ضخامت ورق‌های نازک فلزی و تعیین عیوبی نظیر دو پوستگی و جدایش خطی در قطعات کاربرد دارد.
- ناهمواری سطوح و ضخیم‌بودن لایه سیال رابط، تأثیر نامطلوبی بر نتیجه آزمایش خواهند داشت. برای آزمایش روی سطوح زبر و ناهموار، باید از بالاترین حد رزونانس بهره گرفت.



د- روش انتقال سر به سر

- در این روش دو پروب تک کریستاله بطور مجزا در دو طرف قطعه مورد آزمایش به شکلی قرار می‌گیرند، که یک پروب به حالت فرستنده و پروب دیگر بصورت گیرنده امواج عمل نمایند. در این روش چون امواج تمام ضخامت قطعه را طی می‌نماید به تکنیک انتقال «سر به سر» موسوم است.



مراحل روش انتقال سر به سر

۱- تنظیم دستگاه با نمونه استاندارد

۲- ارسال امواج ماوراء صوت در قطعه توسط پروب فرستنده و دریافت آن توسط پروب گیرنده

۳- تقویت ارتفاع پالس گیرنده به حد مرجع (معمولاً ۸۰٪ ارتفاع صفحه تصویر)

۴- چنانچه عیبی در قطعه وجود داشته باشد، این عیب مانع عبور بخشی از امواج شده و دستگاه فقط شدت امواج دریافتی را در صفحه تصویر نشان خواهد داد.

۵- ارتفاع این پالس، با پالس اولیه (مرجع) مقایسه شده و اندازه عیب بدست می آید.



روش انتقال سر به سر

در مراحل ذکر شده، چنانچه هیچگونه پالسی در صفحه تصویر دیده نشود:

الف) یکی از دو پروب فعال نمی باشد. یا

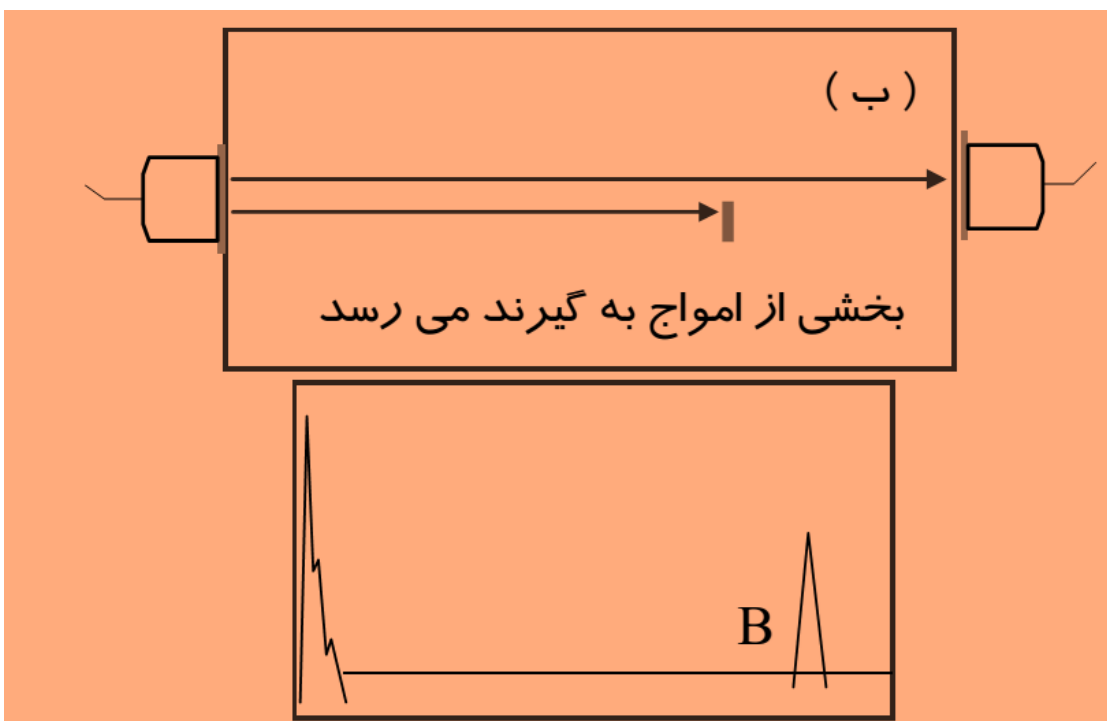
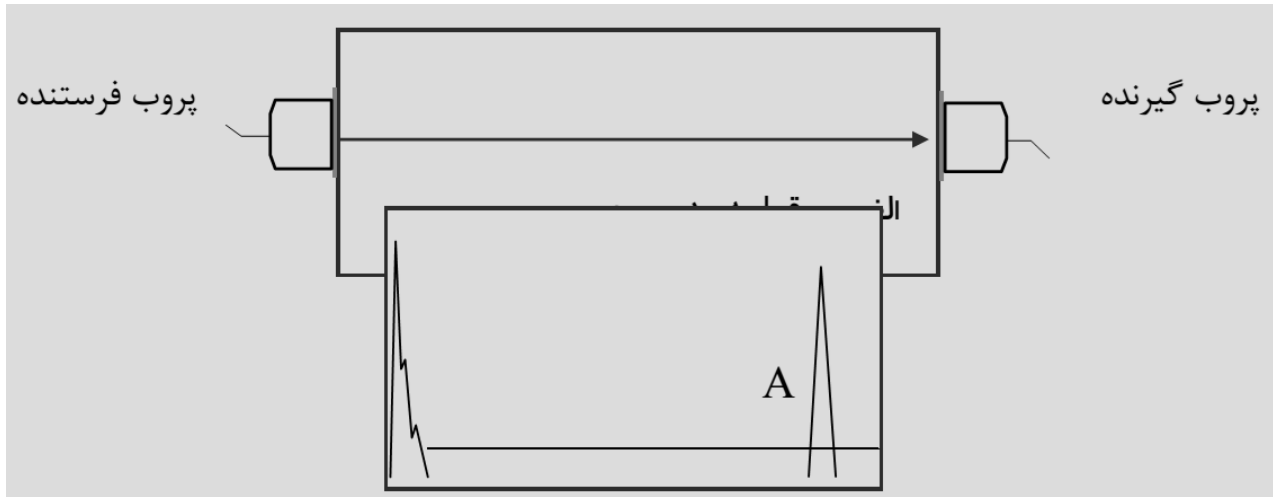
ب) امواج با عیبی بزرگتر از قطر کریستال برخورد نموده اند. یا

ج) ماده رابط (کوپلنت) بین پروب و سطح کار کافی نیست.

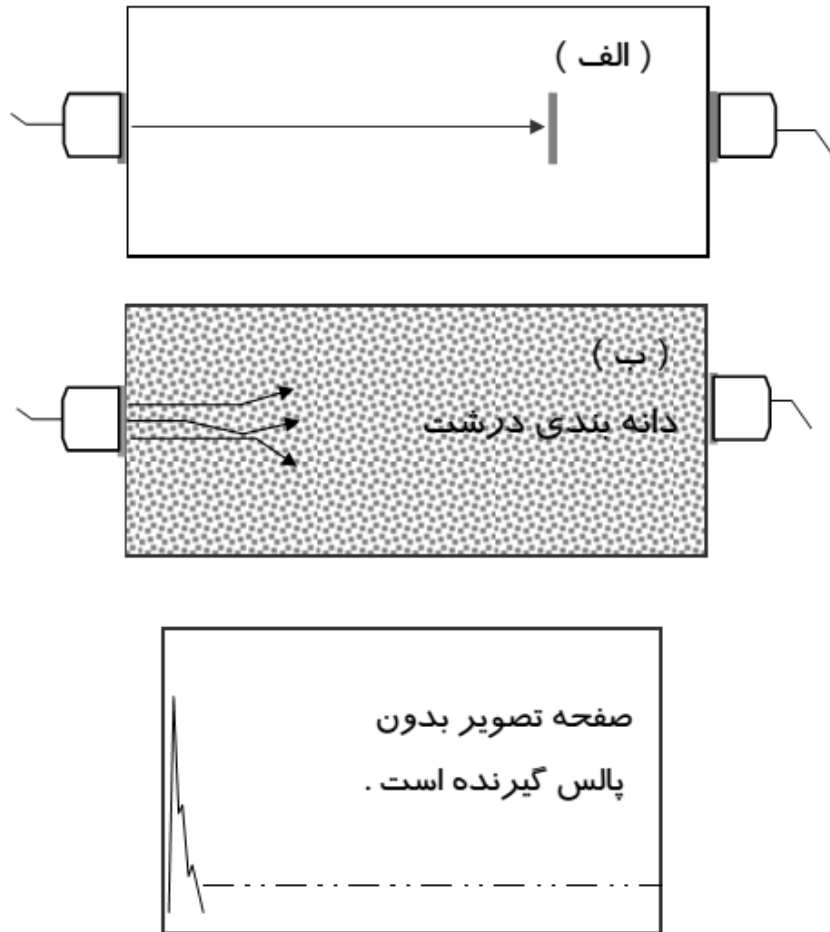


روش انتقال سر به سر

هر دو پالس در نقطه ثابتی از محور افقی صفحه تصویر قرار دارند، بنابراین فاصله یا عمق عیب قابل اندازه گیری نمی باشد و این نکته مهمترین محدودیت این تکنیک به شمار می آید.



روش انتقال سربه سر



- **شکل الف** - یک عیب بزرگ مانع انتقال تمامی امواج به گیرنده شده است، بطوریکه پالسی در صفحه تصویر دیده نمی شود. در چنین حالتی اندازه عیب، معادل و یا بزرگتر از مساحت کریستال (قطر مؤثر پروب) بوده است.
- **شکل ب** - تعیین اندازه دقیق عیوب با این تکنیک زمانی میسر است که قطعه تحت آزمایش همگن و بدون اتلاف انرژی صوتی باشد.
- از این روش می توان برای اندازه گیری اتلاف انرژی صوتی استفاده نمود.