چكيده

Ultrasonic Acoustic Microscopy

Institute for Acoustic Microscopy, LLC: A scanning acoustic microscope works on the principle of propagation and reflection of acoustic waves at interfaces where a change of acoustic impedance (AI = density x velocity) occurs.
It is similar to going to a doctor's office for an ultrasound test. We use the same principle to investigate rocks, concrete, and other man-made materials. The sound wave is propagated through water into the sample. At positions where an impedance (equals velocity times density) change occurs, the sound waves are reflected back. We map distribution of these reflected waves we receive at the sample surface. The map of reflected waves gives us an idea of how impedance changes within our sample.
Other products: ultrasonic testing, ultrasonic inspection, ultrasonic measurement, ultrasonic instrument, non-destructive testing with low (50 MHz) and high frequency (2 GHz) scanning acoustic microscope (SAM)

مهندسی آلتراسونیک عبارت است از کاربرد امواج مکانیکی- صوتی با فرکانسی بالاتر از حد شنوایی انسان. شنوایی انسان در محدوده فرکانس dHz۱۰ الی dKHz۲۰ می باشد. امروزه از لغت مگاسونیک برای امواج با محدوده فرکانسی بالاتر از dKHz۱۰۰۰ استفاده می شود. یکی از کاربردهای مهم امواج آلتراسونیک، استفاده از ضربه ناشی از کاویتاسیون ایجاد شده توسط آن در فرآیند شستشوی آلتراسونیک می باشد. اصول کلی این روش مبتنی بر غوطه وری قطعات مورد نظر در یک مایع واسطه می باشد که این مایع، توسط یک مولد امواج آلتراسونیک با فرکانس و شدت بسیار بالایی مرتعش شده و کاویتاسیون به وجود آمده، عمل شستشو و پاک کردن قطعه را انجام می دهد. کاویتاسیون عبارت است از شکل گیری و انهدام مرتب حباب های بخار درون مایع به خاطر خلاء ناشی از عقب نشینی سطح و موج فشار ناشی از برگشت سطح. در این پدیده، به خاطر خلاء نسبی، جوشش حجمی ولی بدون افزایش دمای مایع صورت می پذیرد، هرچند دمای مایع صورت می پذیرد، هرچند هنگام برگشت سطح و ایجاد موج فشار، دمای محلی در حد و ابعاد ملکولی در نزدیکی محل ترکیدن حباب بسیار زیاد است. محاسبات نشان می دهد که در این محل، دمایی بیش از ۵۵۰۰ درجه سانتیگراد و فشاری بیش از MPa۶۷ تولید می شود

مقدمه

گوش انسان قادر است امواج صوتی در محدوده فرکانسی ۲۰Hz الی ۴۰KHz را حس کند. آن بخش از طیف امواج صوتی که دارای فرکانس بالاتر از 20 KHz (حد انتهایی شنوایی انسان) می باشند، " امواج آلتراسونیک" نامیده می شود.دستگاه التراسونیک با استفاده از این امواج وایجاد ارتعاش در مایع اقدام به گند زدایی میکند.

علاوه بر امواج آلتراسونیک، امواج صوتی نیز از تجهیزات در حال کار در محیط منتشر می شود.
طیف فرکانسی صدا با کمک یک میکروفون و دستگاه آنالایزر قابل مشاهده است که از جهات بسیاری شبیه طیف ارتعاشات خواهد بود، زیرا با مکانیزم مشابهی ایجاد می شوند.
بهترین ابزار برای عیب یابی از طریق صدا، قدرت شنوایی انسان است . زیرا گوش انسان قادر به تشخیص الگوهای پیچیده صوت و تفکیک آنها از یکدیگر و نیز ربط دادن آن به انواع خرابی است . در حالیکه برای انجام این کار از طریق آنالایزرها با مشکلات زیادی روبرو خواهی بود . برای شنیدن بهتر می توان از گوشیهای چک صدا (استتسکوپ) استفاده کرد که یک نمونه از آن را در شکل زیر می بینید.

هدف

سنجش میزان فاصله،سنجش میزان عمق یک مخزن،تعیین فشار خون یک بیمار،همگن کردن مواد مذاب،استفاده در دریلها جهت ایجاد ضربه و کارائی بیشتر دریل،تست قطعات صنعتی از نظر کیفی جهت تشخیص شکافها و سوراخهای ریز و غیره اشاره کرد.

شرح

آلتراسونیک

کاربردهای آلتراسونیک: عملیات اتصال: جوشکاری مواد غیر هم جنس، دوختن، آب بندی، لحیم کاری.
عملیات ماشینکاری: سوراخکاری، حفره زنی و ایجاد سطوح آزاد با کمک فناوری CNC بر روی مواد ترد
کمک به عملیات شکل دهی: در آهنگری، ریخته گری مداوم، اکستروژن و کشش عمیق
کمک به عملیات ماشینکاری سنتی: در تراشکاری، فرزکاری، سوراخکاری و سنگ زنی
کمک به فرآیندهای نوین تولید: در ماشینکاری الکتروشیمیایی، لیزر و تخلیه الکتریکی برای بهبود خواص سطحی و افزایش نرخ باربرداری عملیات فیزیکی و شیمیایی: ایجاد واکنش شیمیایی و فیزیکی، تسریع واکنش ها، کاهش آلودگی، عملیات بر روی اضافات سمی، آماده سازی سنگ معدن جهت ذوب و تصفیه، همگن سازی، امولوسیون سازی، انحلال، گاز زدایی، پراکنده سازی کلوئیدی
عملیات شستشو: شستشوی قطعات ظریف یا مستحکم، با زدودن چربی ها، گرد و خاک و سایر آلودگی ها و تا اندازه ای رفع پلیسه های ظریف از لبه ها
پزشکی: جراحی توسط چاقوی آلتراسونیک؛ تخریب سلول های بدخیم؛ عمل آب مروارید چشم؛ پیشگیری از پوسیدگی، جرم گیری و عصب کشی دندان ها؛ شکستن سنگ کلیه، مثانه و کبد؛ برداشتن چربی اضافی بدن (لیپوساکشن)؛ برداشتن بافت های مرده و مواد خارجی زخم و نیز در سونوگرافی
عملیات آئروسول: رطوبت سازی، خشک کردن افشانه ای، سرد سازی با تبخیر، احتراق بهتر سوخت از طریق اتمیزه کردن آن،
بهبود پوشش دهی بدنه خودرو و قطعات صنعتی توسط روش الکتروفوریز
آزمون‌های مخرب و غیر مخرب
استفاده در رادارهای آموزشی، سونار برای نقشه برداری دریایی، آزادسازی تنش های پس ماند، پلیسه زدایی، شناور سازی، کف زایی و کف زدایی، باستان شناسی (تمیز کردن سفال های شکسته و سنگواره ها و ترمیم آنها)
و کاربردهای روز افزون و گسترده دیگر در بسیاری از حوزه های علوم و مهندسی

آلتراسونیك

امواج ماورای صوت را به‌روشهای مکانیکی و الکتریکی و مغناطیسی می توان تولید کرد. ابزار مکانیکی تولید ماورای صوت عبارت است از: سیرن ، سوتک گالتن ، مولد الکتریکی ، مولد مغناطیسی ، نوسانگر پیزو الکتریک و نوسانگر مانیتواستریکتیو که در زیر برخی از آنها که کاربرد وسیعی دارند شرح مختصری می‌دهیم.

سیرن

سیرن از یک ظرف محکم ساخته شده است که بوسیله لوله‌ای به تلمبه تراکم هوا مربوط می‌شود و می‌توان در آن هوای با فشار زیاد متراکم کرد. در قسمتی از سطح بالایی این ظرف دو صفحه فلزی گرد محور واحدی قرار دارند که بر روی آنها تعدادی سوراخ به یک فاصله از محور موجود است. صفحه پایین ثابت است و صفحه بالایی می‌تواند بر روی آن با سرعت زیاد دوران کند.

سوراخهایی که بر روی این دو صفحه موجود است، می‌توانند در مقابل یکدیگر قرار گیرند. ولی امتداد آنها در صفحه بالایی و پایینی برهم قرار ندارد و طوری است که وقتی هوایی با فشار زیاد از سوراخهای پایینی به دهانه سوراخهای بالایی می‌رسد، تغییر جهت و امتداد می‌دهد. و همین تغییر جهت حرکت هوا سبب می‌گردد که بر صفحه بالایی نیرویی اثر کند و آن را به چرخش در آورد. فرکانس صوتی که سیرن تولید می‌کند با تعداد سوراخهای صفحه دوّار (p) و نیز تعداد دوری که صفحه گردان سیرن در ثانیه دوران می کند (n) نسبت مستقیم دارد ($f = pn$). که در آن f فرکانس صوت می‌باشد.

معمولا بر روی سیرنها دستگاهی است که می تواند صوت حاصل را مشخص کند. ولیکن اگر تعداد سوراخها در صفحه بسیار زیاد و نیز فشار هوا یا بخار آب که در ظرف سیرن متراکم شده است، بسیار زیاد باشد، ارتعاشات ماورای صوت تولید می‌شود. به کمک این سیرنها امواجی تا فرکانس ۲۰۰ کیلو هرتز تولید کرده‌اند.

وتک گالتن

در سال ۱۸۸۳ نخستین بار گالتن متوجه امواج ماورای صوت شد. او با استفاده از لوله بسته‌ای که به کمک یک پیچ می‌توانست طول آن را تغییر دهد، ارتعاشات صوتی بسیار ریزی با فرکانس زیاد تولید کرد. و ضمن کاهش تدریجی طول لوله بسته متوجه شد که در هنگام دمیدن در آن صدایی را نمی‌شنود. ولیکن سگی که در نزدیکی وی بود عکس العمل نشان می‌دهد. همین موضوع او را متوجه امواج ماورای صوت کرد.

در سال ۱۹۰۰ میلادی آ. ادلمان سوتک گالین را کامل کرد و آن را به فرکانس حدود ۱۷۰۰۰۰ هرتز رسانید. در سال ۱۹۱۶ میلادی هارتمان بر اساس کارهای قبلی سوتکی ساخت که در آن هوای متراکم از یک سوراخ مخروطی شکل خارج و به دهانه لوله استوانه‌ای شکل که طول و قطر آن برابر است وارد می‌گردد و تولید صوت می‌کند. در سوتک هارتمان سرعت خروج هوا و برخورد آن به لوله سوتک بسیار زیاد و بیش از سرعت صوت است.

نوسانگر مغناطیسی

این نوسانگرها براساس خاصیت ماگنتوستریکشن و استفاده از یک میدان الکتریکی متناوب ساخته می شود. خاصیت ماگنتوستریکشن عبارت است از تغییر شکل و تغییر حجم یک ماده مغناطیسی (آهن ، نیکل و کبالت) در اثر آهنربا شدن. ساده‌ترین تغییری که در اثر آهنربا شدن یک ماده مغناطیسی بررسی می‌شود تغییر نسبی طول یعنی $\Delta l/l$ است. که در این رابطه Δl تغییر طول و ا طول اولیه ماده مغناطیسی است.

اگر میله ای از یک ماده مغناطیسی مانند نیکل را انتخاب کنیم و در اطراف آن یک سیم روپوش دار بپیچیم و آن را در یک مدار الکتریکی قرار دهیم، مشاهده می‌شود که هر گاه جریان الکتریکی از سیم پیچ بگذرد طول میله کوتاه می شود و پس از قطع جریان میله به طول اولیه خود باز می گردد. چنانچه بتوانیم به کمک یک رئوستا شدت جریان الکتریکی را افزایش دهیم، تغییر طول میله Δl بیشتر می شود.

ضمنا اگر جهت جریان الکتریکی را تغییر دهیم باز هم میله منقبض خواهد شد. مشخص می‌شود که کاهش طول میله که در اثر میدان مغناطیسی سیم پیچ و آهنربا شدن آن ظاهر می‌شود، به جهت میدان الکتریکی بستگی ندارد. ولیکن اندازه تغییر طول میله به اندازه شدت میدان الکتریکی بستگی دارد. در عمل نوسانگرهای مغناطیسی را به این ترتیب می‌سازند که به جای میله‌های نیکلی ورقه‌های نازک نیکلی که رویه‌ای از یک ماده عایق الکتریکی دارند، بکار می‌برند.

این ورقه ها را مانند آنچه در هسته‌های ترانسفورماتور مشاهده می‌کنیم بر روی یکدیگر قرار می‌دهند و به هم متصل می‌کنند. علت بکار بردن ورقه‌های نیکل به جای میله نیکل جلوگیری از جریانهای گردابی (جریان فوکو) است. ضمنا بجای آنکه فقط از یک سیم پیچ استفاده شود، دو سیم پیچ به دور هسته نیکلی پیچیده می‌شود، که از یکی جریان مستقیم و از سیم پیچ دیگر جریان متناوب عبور می‌کند.

سنسور فراصوتی (Ultrasonic Sensor) :

تاریخچه این سنسور به سال ۱۹۱۲ میلادی و بعد از غرق شدن کشتی تایتانیک بر می گردد .

بعد از غرق شدن تایتانیک دانشمندان به دنبال راه حلی برای تکرار نشدن این فاجعه افتادند ، که اگر کاپتان کشتی به هر دلیلی قادر به دیدن جلو کشتی نبود وسیله ای هشدار دهنده او را از وجود مانع مطلع سازد .

در سال ۱۹۱۲ میلادی آقای L F Richartson با الهام از طبیعت و استفاده از مسیریابی خفاشها موفق به ساخت سنسور فراصوتی شد . خفاشها به دلیل بینایی ضعیف و حساس به نو ر، از امواج فراصوتی برای تشخیص موانع استفاده می کنند .

اما از آن سال تا کنون که نزدیک به یک قرن از آن می گذرد این سنسور کاربردهای فراوانی در زندگی ما پیدا کرده است که به چند نمونه از این کاربردها می پردازیم .

۱ . ابتدا برای نزدیک شدن بیشتر به این سنسور به معرفی آن در دزدگیر اتوموبیل و وسیله هشدار دهنده فاصله در اتوموبیل می پردازیم که مطمعنا همه ما کاربرد سنسور فراصوتی را در دزدگیر اتوموبیل از نزدیک دیده ایم .

۲ . سپس به کاربردهایی همچون استفاده در ثبت دقیق ترین زمان ممکنه در ورزش دومیدانی

۳ . استفاده در باک هواپیما برای فهمیدن مقدار سوخت

۴ . استفاده در کنترل دور ماشینهای صنعتی

۵ . کاربرد در علم هواشناسی جدید

۶ . و در آخر به دبی متر التراسونیک می پردازیم که امیدوارم مورد توجه شما عزیزان

قرار گیرد .

چکیده ای از چگونگی کار سنسور التراسونیک :

امواج التراسونیک به دسته‌ای از امواج مکانیکی گفته می‌شود که فرکانس نوسانشان بیش از

محدوده شنوایی انسان KHz۲۰ باشد.

یک سنسور التراسونیک غالبا دارای یک فرستنده و یک گیرنده امواج التراسونیک

می باشد که این امواج بعد از برخورد با یک مانع منعکس شده و به طرف سنسور

برمی گردند و با توجه به زمان بازگشت و همچنین کیفیت امواج بازتابش شده به فاکتورهایی

همچون فاصله تا مانع ، نوع مانع و سرعت مانع دست پیدا می کنیم . لازم به ذکر است که هر

ماده ای به یک کیفیت خاص امواج التراسونیک را از خود عبور و مقداری از آن را

باز تابش می دهد .

این امواج بدلیل خواصی که دارند کاربردهای متنوع و بعضاً جالبی دارند. با محاسبه‌ایی ساده می‌توان دریافت که اگر نقطه‌ایی با فرکانس ۲۵ کیلوهرتز و دامنه ۱۰ میکرومتر نوسان کند شتاب آن بالغ بر ۲۵ هزار برابر شتاب ثقل می‌شود. این شتاب و به طبع آن سرعت بالا در مایعات باعث ایجاد کاویتاسیون می‌شود و در هنگام انفجار حبابهای ایجاد شده فشاری در حدود ۲۰۰ بار ایجاد می‌گردد. از طرف دیگر اگر حرکت نسبی بامشخصات فوق میان دو سطح جامد برقرار شود ازدیاد دما باعث جوش خوردن دو سطح به یکدیگر می‌شود که Ultrasonic Welding می‌باشد.

امواج اولتراسونیک مانند دیگر امواج دارای خاصیت شکست، انعکاس، نفوذ و پراش می‌باشند. برای تولید این امواج روشهای متفاوتی وجود دارد.

مجموعه های اولتراسونیک معمولاً از سه بخش کلی تشکیل می‌شوند:

۱. مبدل

۲. بوستر

۳. تقویت کننده یا هورن.

مبدل نقش تولید امواج مکانیکی و تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی را دارد, بوستر و تقویت کننده نیز وظیفه انتقال و تقویت دامنه حرکت و رساندن آن به مصرف کننده را به عهده دارند.

کاربرد اولتراسونیک در صنایع غذایی:

نحوه استفاده از امواج اولتراسوند در صنایع غذائی دو گونه است. کاربرد اولتراسوند با شدت بالا و با شدت پائین. از امواج اولتراسوند با شدت پایین به عنوان روش تجزیه‌ای در تهیه اطلاعات مربوط به ویژگی های فیزیکی و شیمیایی مواد غذایی استفاده می شود. در این حالت توان به کار رفته به حدی پائین است که پس از قطع امواج اولتراسونیک هیچگونه تغییری در خواص فیزیکی و شیمیایی مواد غذایی ایجاد نمی شود در نتیجه به این تکنیک non-destrusive یا غیر مخرب گویند و از آن می توان در اندازه گیری ضخامت، تشخیص جسم خارجی، اندازه گیری فلوریت، تعیین ترکیبات متشکله، اندازه ذرات، و غیره استفاده کرد. در حالیکه امواج اولتراسوند با شدت بالا که در آنها از توان بالا استفاده می شود به عنوان ابزاری در تغییر ویژگی های مواد غذایی نظیر هموژنیزه کردن، تمیز کردن، استریل کردن، حرارت دادن، امولسیفیه کردن، مهار فعالیت آنزیم ها و میکروبها و متلاشی کردن سلول، تشدید واکنش های اکسیداسیون، اصلاح گوشت، اصلاح کریستالیزاسیون، و . . . استفاده می شود

presence / absence detection

تعیین ضخامت

تشخیص ماده خارجی

اندازه گیری فلوریت

اندازه گیری درجه حرارت

تعیین ترکیب و میکرواستراکچر

on-line sensors

جمع آوری و توزیع داده های هیدرولوژیکی بین کاربران متشکل از یک سلسله مراحل سیستماتیک و قدم به قدم می باشد که با پایش، ضبط و انتقال داده ها به اتاق فرمان آغاز گشته و با پردازش، آرشیو کردن و بکارگیری اطلاعات توسط کاربر خاتمه پیدا می کند

نمودار بلوکی سیستم های اندازه گیری.

پیشرفتهای حادث در علم الکترونیک و صنعت رایانه ای منجر به خلق و توسعه حسگرها، تجهیزات پردازش، ذخیره و انتقال داده ها گردیده که به مراتب ارزانتر، سریعتر و از دقت و قابلیت اعتماد بیشتری در مقایسه با روشهای سنتی برخوردار می باشد.

در فصل حاضر، ضمن ارائه تعریفی از تراز سطح آب، روشهای مختلف اندازه گیری آنان معرفی گشته و با طبقه بندی روشها در دو گروه کاملا" متمایز، بررسی نحوه عملکرد روشهای مختلف اندازه گیری تراز سطح آب با جزئیات بیشتری آورده شده است. درنهایت با مقایسه حسگرهای مختلف و برشمردن معایب و محاسن هر یک امکان انتخاب بهترین حسگر پایش سطح آب میسر گردیده است.

پایش تراز آب

تراز آب (Stage) عبارت است از اختلاف ارتفاع سطح آب و ارتفاع سطح مبنا در ایستگاههای هیدرومتری، تراز آب به ارتفاع اشل نیز مشهور است. سطح مبنا ممکن است یک سطح مبنای محلی و یا سطح آبهای آزاد باشد.

پایش و جمع آوری داده های تراز سطح آب بوسیله حسگرهای مکانیکی، الکترومکانیکال و الکترونیکی امکان پذیر می باشد. معمولترین حسگرها شامل حسگرهای شناوری، حسگرهای آلتراسونیک، حسگرهای فشاری، حسگرهای خازنی و مقاومتی، حسگرهای راداری و حسگرهای لیزری می باشد. در بخشهای بعدی این گزارش به شرح تفصیلی هر یک از این حسگرها پرداخته خواهد شد.

روش های مختلف اندازه گیری تراز سطح آب

برای اندازه گیری تراز سطح آب در رودخانه روشـهای متعددی وجـود دارد. اندازه گیری تراز سطح آب خود در مقوله اندازه گیری طول می گنجد. براساس شکل (۲-۲)، اگر محل نصب عنصر اندازه گیری (حسگر) ثابت باشد، عملا" می توان با کم کردن ارتفاع محل نصب این عنصر از فاصله اندازه گیری شده، ارتفاع تراز سطح آب در رودخانه را محاسبه نمود.

water level

در ارتباط با اندازه گیری طول، روشهای بسیار زیادی وجود دارد. از میان این روشها برخی از آنها برای اندازه گیری (Stage)مناسب هستند. از آن میان می توان به‌روشهای زیر اشاره نمود:

حسگرهای شناوری (Floater sensors)

حسگرهای آلتراسونیک (Ultrasonic sensors)

حسگرهای فشاری (Pressure sensors)

حسگرهای خازنی (Capacitance sensors)

حسگرهای راداری (Radar sensors)

حسگرهای لیزری (Laser sensors)

روشهای فوق الذکر را می توان برحسب موضوعات مختلف دسته بندی نمود که در زیر به آن اشاره می گردد:

طبقه بندی روشهای اندازه گیری براساس چگونگی تماس با آب

الف – روشهای تماسی (Contact method)

روشهای غیر تماسی(Non-contact method)

در روش های تماسی عملا" عنصر اندازه گیری (حسگر) در ارتباط مستقیم با آب می باشد. مثلا" در روش اندازه گیری به کمک شناور، جابجا شدن یک شناور در سطح آب تبدیل به کمیتهای الکتریکی شده و مورد استفاده قرار می گیرد. در مقابل روش های تماسی، روش های غیرتماسی قرار دارد. در این روشها عنصر اندازه گیری در یک ارتفاع مشخص نصب می گردد. معمولا" با تابش یک موج (الکترو مغناطیسی یا مکانیکی) به سطح آب اندازه گیری صورت می گیرد.

مزایا و معایب این دو روش در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۱-۲): مقایسه روشهای تماسی و غیر تماسی از دیدگاه مزایا و معایب

	روش تماسی	روش غیرتماسی
مزایا	امکان اندازه گیری در مخازن تحت شرائط سرریز شدن مخزن امکان اندازه گیری تحت شرائط وجود کف و foam	عدم وابستگی زیاد به نوع سیال امکان اندازه گیری تغییرات زیاد سطح سیال
معایب	وابستگی به نوع سیال وابستگی به شرائط محیطی	معمولا" در مقایسه باروشهای تماسی پرهزینه تر هستند

براساس دسته بندی صورت گرفته شده می توان روشهای تماسی و غیرتماسی را به صورت زیر از یکدیگر جدا نمود:

روش تماسی:

روش اندازه گیری به کمک شناور

روش های خازنی و Conductivity

روش های اندازه گیری براساس فشار

روش های استفاده از انکودرهای مکانیکی یا نوری (Mechanical or optical encoder)

روش غیرتماسی:

روش ultrasonic

روش راداری

روش لیزری

روش استفاده از Load cell

بررسی نحوه عملکرد روشهای مختلف اندازه گیری تراز سطح آب

در این بخش سعی می گردد تا بصورت خلاصه روش های مختلف موجود برای اندازه گیری تراز سطح آب مورد بررسی قرار گیرد. روشهای مورد بحث در این بخش عبارتند از:

روش اندازه گیری به کمک شناور(به صورت آنالوگ و دیجیتالی)

روش اندازه گیری براساس تغییرات هدایت الکتریکی آب

روش اندازه گیری براساس تغییرات ظرفیت خازنی آب

روش اندازه گیری براساس تغییرات فشار مکانیکی در کف مخازن آب

روش اندازه گیری با استفاده از Load cell

روش ultrasonic

روش راداری

روش مورد استفاده در این طرح براساس اندازه گیری لیزری می باشد. به همین دلیل این روش بهمراه طرح پیاده شده برای بهره گیری از آن در اندازه گیری تراز سطح آب، در فصل بعد مفصل تر توضیح داده می شود. از این نظر در این بخش از ذکر آن خودداری شده است.

روش اندازه گیری به کمک شناور

در این روش از یک شناور برای پایش تغییرات سطح آب استفاده می گردد. برای تبدیل کردن جابجائی سطح به یک سیگنال الکتریکی قابل انـدازه گیری به شـــیوه های مختلف عمـل می شود. در شکل زیر به برخی از آنان اشاره شده است.

سیستم اندازه گیری سطح آب با استفاده از شناور و پتانسیومتر

در این شکل با افزایش ارتفاع آب، ارتفاع شناور نیز افزایش می یابد. بدین ترتیب شناور یک حرکت دورانی حول محور چرخش خواهد داشت. چرخش شناور از طریق یک محور اتصال دهنده، به slider منتقل شده و مقدار مقاومت در خروجی پتانسیومتر تغییر می کند. تغییرات مقاومت پتانسیومتر می تواند از طریق یک پل اندازه گیری (مثل پل وتستون در شکل زیر) به تغییرات ولتاژ قابل اندازه گیری تبدل گردد. [۲].

پل وتستون

بر طبق بحث های فوق اگر ارتفاع آب را h و تغییرات آن را با Dh نمایش دهیم آنگاه:

$$DR=KDh$$

که K ضریب ثابت می باشد و به مشخصات هندسی و اندازه مقاومت پتانسیومتر بستگی دارد. رابطه فوق تحت شرائطی که پتانسیومتر بصورت خطی باشد معتبر است. بزرگ بودن مقدار K باعث افزایش حساسیت اندازه گیری خواهد شد.

ارتباط بین تغییرات مقاومت و تغییرات ولتاژ خروجی در پل وتستون نیز بصورت رابطه زیر می باشد.

بدین ترتیب می توان تغییرات ارتفاع سطح آب را به تغییرات ولتاژ تبدیل کرد. این تغییرات بصوررت یک کمیت آنالوگ می باشد که برای تبدیل آن بصورت دیجیتال بایستی از مبدلهای آنالوگ به دیجیتال استفاده کرد.

در ادامه به فرم دیگری از بکارگیری شـناور در اندازه گیـری ارتفـاع سـطح آب پرداخته می شود. در شکل زیر از یک شناور، پولی و وزنه متعادل کننده استفاده شده است. بدین تـرتیب با

Water level

سیستم اندازه گیری سطح آب با استفاده از شناور و پولی

جابجا شدن شناور، پولی شروع به چرخش خواهد کرد. چرخش پولی، مشابه روش قبل به ولتاژ تبدیل می شود. برای تبدیل چرخش به کمیتهای قابل اندازه گیری، می توان از انکودرهای نوری و یا مکانیکی استفاده نمود.

در جمع بندی می توان شکل یک سیستم اندازه گیری سطح آب رودخانه را به کمک حسگر شناوری بصورت زیر در نظر گرفت

آنالیز آلتراسونیک چیست؟

گوش انسان قادر است امواج صوتی در محدوده فرکانسی ۲۰Hz الی ۲۰KHz را حس کند. آن بخش از طیف امواج صوتی که دارای فرکانس بالاتر از ۲۰ KHz (حد انتهایی شنوایی انسان) می باشند، " امواج آلتراسونیک" نامیده می شود.
برخی از اشکالات و عیوب در ماشین آلات و تجهیزات الکتریکی، منجر به ایجاد امواج آلتراسونیک می شوند. این امواج از طریق هوا و یا جسم جامد منتشر می شوند که به ترتیب به آنها airborne و structureborne می گویند.
امواج منتشر شده به کمک دستگاه و سنسورهای مناسب، تشخیص داده شده و با تحلیل ویژگیهای آنها، نوع عیب قابل شناسایی است. همچنین با توجه به اینکه با دور شدن از منبع عیب، شدت امواج کاهش می یابد، محل عیب با دقت قابل ملاحظه ای تعیین می گردد.

برخی از عیوبی که از طریق آنالیز آلتراسونیک قابل شناسایی هستند:

خرابی بیرینگهای غلتشی، برخورد (Rubbing)، خرابی چرخ دنده ها، . . .	درتجهیزات دوار
انواع نشتی های جریان (آرک، کورونا، ترکینگ)	درتجهیزات الکتریکی
نشتیداخلی ولوها (پسینگ)، خرابی تله های بخار، نشتی از خطوط و مخازن هوای فشرده، نشتی از مخازن تحت فشار و یا به مخازن تحتخلأ، . . .	درتجهیزات فرآیندی

سنسور آلتراسونیک یا ماوراء صوت یکی دیگر از سنسورهای غیر تماسی و مجاورتی یا پراگسیمیتی میباشد در کاربردهای گوناگون آشکار سازی اجسام تا اندازه گیری فاصله یا سطح سنجی به کار میرود . به طور معمول سنسورهای آلتراسونیک با ارسال یک پالس صوتی کوتاه در فرکانس فراصوت به سمت هدفی که این پالس را منعکس میکند و دریافت و شناسائی این امواج به شکل یک ترانسیور عمل کرده و در مدلهائی که

فاصله را محاسبه میکنند با اندازه گیری اختلاف زمانی ارسال و دریافت پالس میتوانند به فاصله یاب تبدیل شوند .

سنسور آلتراسونیک را در بازار به شکلها ی گوناگون و برای کاربردهای مختلف میتوان یافت . سنسورهائی با نحوه مختلف نصب ، پیکربندی ، IP و فرکانس متفاوت . انتخاب سنسور آلتراسونیک مناسب جهت کاربرد مورد نظر نیاز به توجه به موارد زیر دارد :

۱. دقت و رزولوشن سنسور آلتراسونیک

۲. فاصله آشکارسازی یا اندازه گیری سنسور آلتراسونیک
۳. محدوده دمای کاری سنسور آلتراسونیک
۴. فرکانس یا طول موج کاری سنسور آلتراسونیک
۵. وجود نویز یا تلاطم در هدف یا محیط اندازه گیری سنسور آلتراسونیک
۶. نحوه نصب و محدودیت یا مانع مقابل سنسور آلتراسونیک

حسگر یا سنسور المان حس کننده ای است که کمیت های فیزیکی مانند فشار ، حرارت ، رطوبت ، دما ، و . . . را به کمیت های پیوسته (آنالوگ) یا گسسته (دیجیتال) تبدیل می کند . سنسور های التراسونیک به سنسورهایی اطلاق می شود که امواج فراصوتی را با فرکانس صوت ارسال می کند . این امواج از طریق فرستنده ارسال شده و توسط گیرنده التراسونیک دریافت می شود . از این گونه سنسورها (فرستنده و گیرنده التراسونیک) معمولاً برای آشکار سازی اجسام تا اندازه گیری فاصله یا سطح سنجی استفاده می شود .

به طور معمول سنسورهای آلتراسونیک با ارسال یک پالس صوتی کوتاه در فرکانس فراصوت به سمت هدفی که این پالس را منعکس میکند و دریافت و شناسائی این امواج به شکل یک ترانسیور عمل کرده و در مدلهائی که فاصله را محاسبه میکنند با اندا زه گیری اختلاف زمانی ارسال و دریافت پالس میتوانند به فاصله یاب تبدیل شوند .

- استفاده از سنسور التراسونیک برای تشخیص فاصله
- اندازه گیری سطح مایعات با استراسونیک

سنسور التراسونیک یا Ultrasonic چیست؟

شاید با کلمه التراسونیک یا Ultrasonic بر خورد کرده باشید.التراسونیک به معنای مافوق صوت است.فرکانسهای این محدوده را میتوان بین ۴۰ کیلو هرتز تا چندین مگا هرتز در نظر گرفت.امواجی با این فرکانسها که کاربردهایی چون سنجش میزان فاصله،سنجش میزان عمق یک مخزن،تعیین فشار خون یک بیمار،همگن کردن مواد مذاب،استفاده در دریلها جهت ایجاد ضربه و کارائی بیشتر دریل،تست قطعات صنعتی از نظر کیفی جهت تشخیص شکافها و سوراخهای ریز و غیره اشاره کرد .

جهت استفاده از این امواج یک سری سنسورهای مخصوص طراحی شده که میتوان این سنسورها را به دو دسته صنعتی و غیر صنعتی تقسیم بندی کرد.سنسورهای غیر صنعتی در فرکانسهایی در حدود ۴۰ کیلو هرتز کار میکنند و در بازار با قیمتهای پایین در دسترس هستند. در این سنسورها دقت کار بالا نبود و فقط در حد تشخیص یک فاصله یا عمق یک مایع میتوان از آنها استفاده کرد.اما در سنسورهای صنعتی که در فرکانسهای در حد مگا هرتز کار میکنند به دلیل همین فرکانس بالا ما دقت زیادی را خواهیم داشت

این سنسور به صورت دو pack مجزای گیرنده و فرستنده موجود می باشد.این دو سنسور به صورت یک پک (pack)واحد نیز وجود دارد. فرکانس تولید شده توسط این سنسور ۴۰ کیلو هرتز می باشد. ر مدار در این مدار به نوع خازنها توجه کنید.سه نوع خازن مولتی لایر ، الکترولیت و سرامیکی مورد استفاده قرار گرفته است.همانطور که در نقشه ملاحظه می کنید.،این خازنها با حروف اولشان مشخص هستند c.نمایانگر خازن سرامیکی ، mنمایانگر خازن مو لتی لایر و E نمایانگر خازن الکترولیت است .
قل فاصله محاسبه شده توسط این مدار ۲۸ سانتی متر و حداکثر آن ۳.۶ متر است .

تست آلتراسونیک

(UT)

تست UT (آزمون فراصوتی)

نوع نمایش تصویری در آزمون فراصوتی

الف) نمایش تصویری A

ب) نمایش تصویری B

تکنیک های بازرسی در آزمون فراصوتی

روش بازتابی با پروب عمودی

روش عبوری با پروب عمودی

روش عبوری با پروب زاویه ای

روش بازتابی با پروب زاویه ای

تعیین هویت عیب ها

روش ها و استانداردها

تایید صلاحیت پرسنل

گسترهٔ انجام آزمایش

قطعات استاندارد مرجع

ارزیابی تجهیزات

تعیین لبه های عیب

الگوهای روبش

فرم ارزیابی دستگاه فراصوت

فرم ارزیابی دقت دسی بل

فرم نموگرام کاهندگی یا بهره

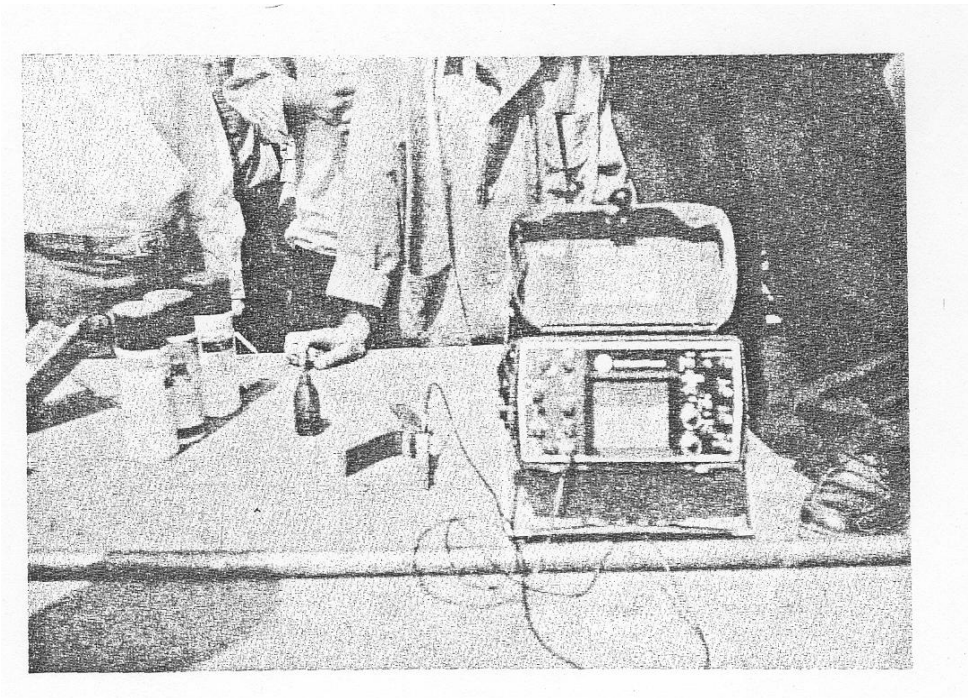
فرم آزمایش فراصوت

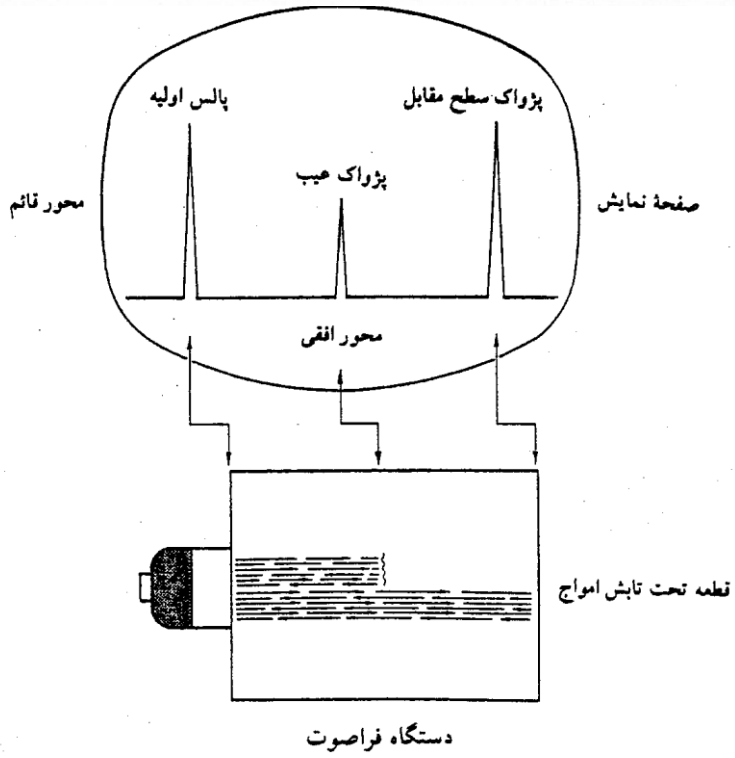
تست UT (آزمون فراصوتی)

آزمون فراصوتی یکی از آزمایش های نسبتا پیشرفته در رده ٔ آزمایش های غیر مخرب می باشد . این روش سریع بوده و قادر به تشخیص معایب داخلی بدون نیاز به تخریب قطعه ٔ جوش شده می باشد . چون این روش از نزدیک کنترل می شود ، قابلیت ارائه اطلاعات دقیق و مورد نیاز قطعه ٔ جوش شده ، بدون نیاز به یک سری عملیات پر کار را دارا می باشد . این روش هم معایب سطحی و هم نواقص داخلی فلز جوش و فلز پایه را مشخص ، مکان یابی و اندازه گیری می کند .

آزمایش فراصوتی توسط موج منتشر شده از یک مبدل (بلور کوارتز) که مشابه یک موج صوتی ولی با گام و فرکانس بالاتری است ، انجام می شود . موج های فراصوتی از داخل قطعه ٔ مورد آزمایش عبور داده می شوند و با هر گونه تغییر در تراکم داخلی قطعه ، منعکس می شوند . این موج ها توسط یک مبدل (بلور کوارتز که تحت جریان متناوب قرار داد) که به یک واحد جست و جوگر متصل شده ، تولید می شوند . امواج منعکس شده (پژواک ها) به صورت بر جستگی هایی نسبت به خط مبنا ، بر روی صفحه نمایش دستگاه ، ظاهر می شوند .

هنگامی که واحد جست و جوگر به مصالح مورد نظر متصل می شود ، دو نوع پژواک بر روی صفحه نمایش ظاهر می شود . ضربان اول ، انعکاس صدا از سطح رویی جسم که در تماس با دستگاه است ، می باشد و ضربان دوم مربوط به انعکاس موج از سطح مقابل است . فاصله بین این دو ضربان با دقت کالیبره می شود . این الگو نشان می دهد که مصالح در شرایط مناسبی از نظر معایب و نواقص داخلی قرار دارد . هنگامی که یک عیب یا ترک داخلی توسط واحد جست و جو پیدا شود ، تولید ضربان سومی می کند که بین ضربان اول و دوم بر روی صفحه نمایش ثبت می شود (شکل ۱-۱)





دستگاه فراصوت

بنابراین مشخص می شود که محل این عیب بین سطوح بالا و پایین مصالح (در داخل جسم مصالح) می باشد . فاصله میان ضربان ها و ارتفاع نسبی آنها محل و میزان سختی (تراکم) عیب مزبور را مشخص می کند .

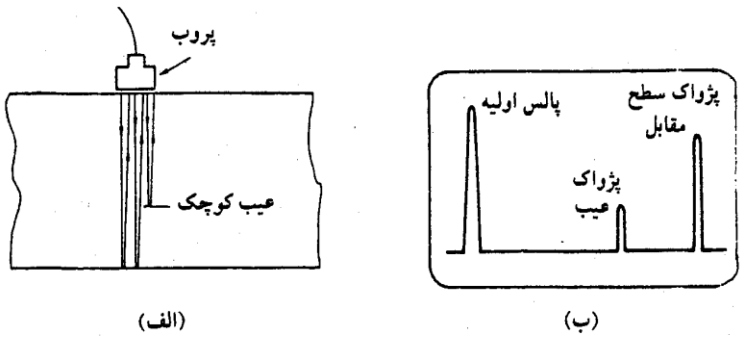
نوع نمایش تصویری در آزمون فراصوتی

اطلاعاتی را که طی آزمون فراصوتی بدست می آیند به چند طریق می توان به صورت تصویر نمایش داد .

الف) نمایش تصویری A

معمول ترین سیستمی که مورد استفاده قرار می گیرد نمایش تصویری روبشی A است . یک موج ناقص در سمت چپ صفحهٔ اسیلوسکوپ ظاهر می شود که مربوط به پالس اولیه است ، موج های ناقص دیگری نیز روی صفحهٔ اسیلوسکوپ ظاهر می شوند که مربوط به علامت پژواک های دریافتی هستند . ارتفاع پژواک معمولا متناسب با اندازهٔ سطح بازتاب است ، ولی مسافتی که علامت طی می کند و اثرات تضعیف درون ماده روی آن تاثیر دارد . در هر صورت ، با فرض یک مبنای خطی زمان ، موقعیت خطی (پالس) پژواک متناسب با فاصلهٔ سطح بازتاب از پروب است . این نوع نمایش تصویری د ر تکنیک های بازرسی با پروب دستی معمول است .

از معایب نمایش تصویری روبشی A این است که ثبت دائم تصویر ممکن نیست ، مگر اینکه از تصویر اسیلواسکوپ عکس گرفته شود ، البته دستگاه های جدید پیشرفته دارای وسایل ثبت دیجیتال هستند .

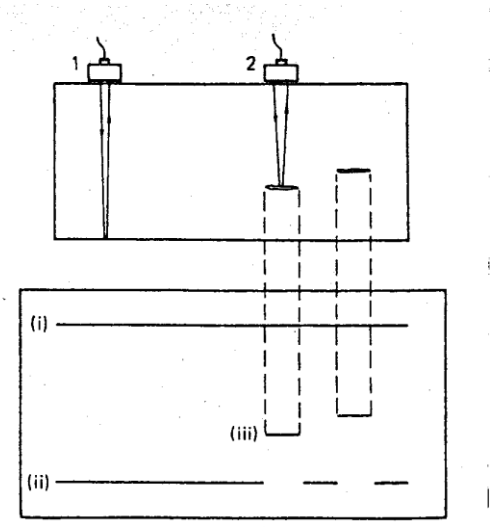


نمایش تصویری روبشی 'A': (الف) بازتاب‌هایی که از دیوارهٔ پشتی قطعه و یک عیب داخلی به‌دست آمده‌اند؛ (ب) نحوهٔ نمایش تصویری روبشی 'A'.

ب) نمایش تصویری B

با نمایش تصویری روبشی B می توان موقعیت عیب درون قطعه را ثبت کرد . این سیستم در شکل نشان داده شده است . لازم است که بین موقعیت پروب و اثر عیب ارتباط مختصاتی به وجود بیاید . استفاده از نمایش تصویری روبشی B به تکنیک های آزمون اتوماتیک و نیمه اتوماتیک محدود می شود .

هنگلمی که پروب در موقعیت ۱ است علائم روی صفحهٔ اسیلوسکوپ مطابق شکل هستند ، i نشان دهندهٔ علامت اولیه و ii نمودار دیوارهٔ پشتی قطعه است . وقتی که پروب به موقعیت ۲ می رسد ، خط iii روی تصویر نشان دهندهٔ عیب است . این طرز نمایش از مقطع قطعه کار می تواند روی یک نمودار کاغذی ثبت شود ، عکاسی شود ، و یا اینکه روی پردهٔ بلند ثابت نمایش داده شود .



نمایش تصویری روبشی 'B'.

تکنیک های بازرسی در آزمون فراصوتی

وجود یک عیب در داخل یک ماده را می توان با استفاده از تکنیک امواج فراصوتی عبوری یا بازتابی پیدا کرد .

روش بازتابی با پروب عمودی

این روش در آزمون فراصوتی از معمول ترین تکنیک هاست و در شکل صفحات قبل نشان داده شده است . تمام یا بخشی از پالس توسط عیب داخل م اده بازتاب یافته و به وسیلهٔ پروب دریافت می شود . این پروب به جای فرستنده و گیرنده عمل می کند . فاصلهٔ زمانی بین ارسال پالس و دریافت پژواک برای محاسبهٔ فاصلهٔ عیب از پروب به کار می رود . روش بازتابی نسبت به روش عبوری دارای مزایای معینی است که عبارتند از :

الف) قطعه کار به هر شکل می تواند باشد .

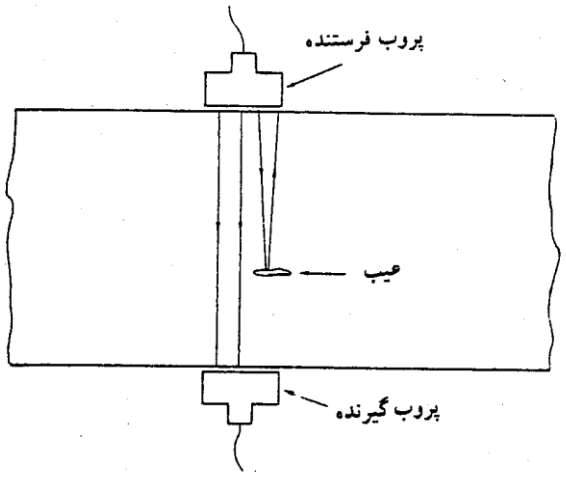
ب) فقط دسترسی به یک طرف قطعه کار مورد نیاز است .

پ) فقط یک نقطهٔ جفت شدن وجود دارد و در نتیجه مقدار خطا حداقل می شود .

ت) فاصلهٔ عیب ها از پروب می تواند اندازه گیری شود .

روش عبوری با پروب عمودی

در این روش فرستنده با استفاده از یک روغن جفت کننده با سطح قطعه کار تماس برقرار می کند . یک پروب دریافت کننده روی سطح مقابل ماده نصب می شود .



روش عبوری با پروب عمودی.

اگر در داخل ماده هیچ گونه عیبی وجود نداشته باشد ، علامتی با یک شدت معین به گیرنده خواهد رسید . اگر ابین پروب فرستنده و گیرنده عیبی وجود داشته باشد شدت علامت دریافتی کاهش خواهد یافت . این امر به علت بازتاب جزیی پالس عیب است که بدین ترتیب می توان به وجود عیب پی برد .

این روش معایبی دارد که عبارتند از :

الف) قطعه کار باید دارای دو سطح موازی باشد و به هر دو سطح آن نیز باید دسترسی داشت .

ب) دو عدد پروب مورد نیاز است لذا جفت کردن آنها ممکن است عمل سیال اتصالی را کم بهره کند .

پ) باید دقت کافی به خرج داد تا دو پروب کاملا در مقابل یکدیگر قرار گیرند .

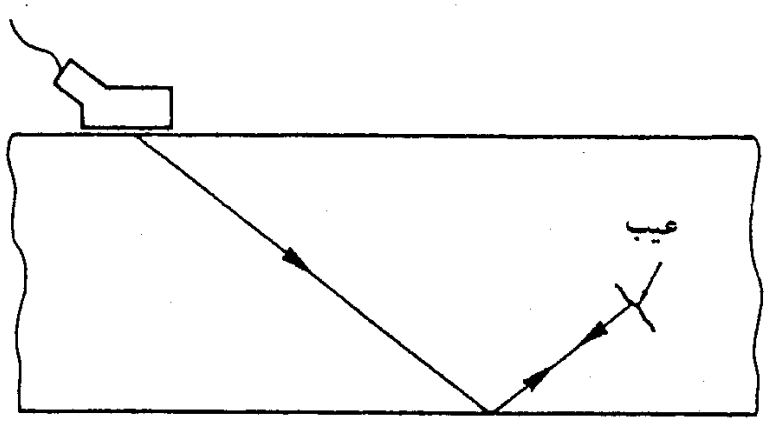
ت) علایمی از عمق عیب نمی توان به دست آورد .

روش عبوری با پروب زاویه ای

وضعیت های به خصوص آزمون وجود دارند که امکان به کارگیری از پروب های عمودی برای شناسایی عیب وجود ندارد و تنها راه حل معقول این است که از یک پروب زاویه ای استفاده شود . مثال خوبی از این روش بازرسی جوش های لب به لب صفحات موازی است . اگر در منطقهٔ جوش عیبی وجود داشته باشد شدت علامت دریافتی کاهش خواهد یافت . فاصلهٔ AB را فاصلهٔ پرش می نامند و برای روبش کامل ناحیهٔ جوش، پروب ها باید مطابق شکل روی سطح قطعه جابه جا شوند . در عمل هر دو پروب باید در یک حامل نصب شوند تا همیشه فاصله ٔ درستی از هم داشته شوند . در عمل هر دو پروب باید در یک حامل نصب شوند تا همیشه فاصلهٔ درستی از هم داشته باشند .

روش بازتابی با پروب زاویه ای

همچنانکه در شکل زیر دیده می شود ، با به کار بردن یک پروب زاویه ای در حالت بازتابی می توان عیب ها را ردیابی کرد . ذکر این نکته مهم است هنگامی که در این گونه آزمون ها از پروب زاویه ای استفاده می شود ، آشکار ساز عیب باید به دقت با استفاده از یک قطعه ٔ مرجع تنظیم شود . طراحی و استفاده از قطعات تنظیم در بخش بعدی شرح داده می شود .

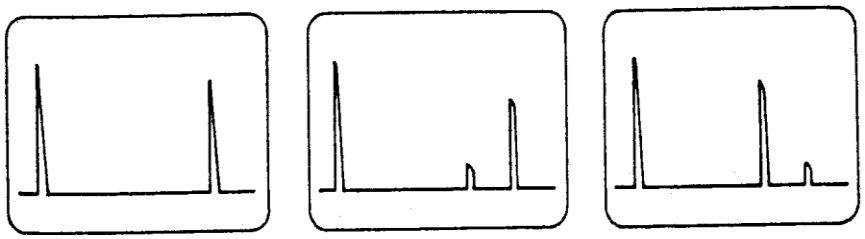


روش بازتابی با پروب زاویه‌ای.

تعیین هویت عیب ها

به وسیلهٔ روش های فراصوتی نه تنها موقعیت دقیق عیوب داخلی شناسایی می شود بلکه در اکثر موارد می توان نوع عیب را هم تشخیص داد . در این بخش علایم مختلفی که از انواع گوناگون عیوب دریافت می شود، تحت بررسی قرار می گیرد .

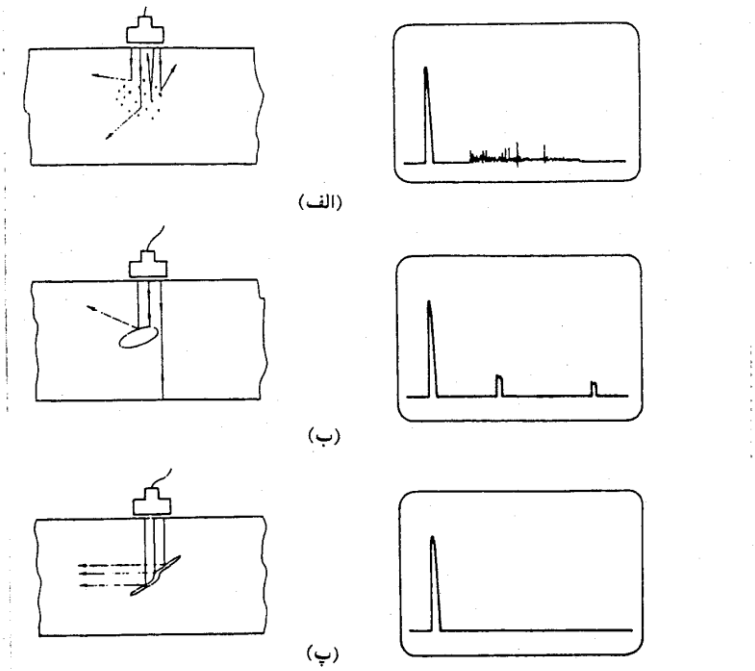
الف) عیب عمود بر امتداد پرتو : وقتی که عیبی وجود نداشته باشد باید یک علامت پژواک از سطح مقابل دریافت شود . وجود یک عیب کوچک باید پژواک کوچکی ایجاد کند و شدت پژواک سطح مقابل کاهش یابد . اگر اندازهٔ عیب از قطر پروب بیشتر باشد پژواک عیب بزرگتر شده و پژواک سطح مقابل ممکن است با توجه به عمق عیب در رابطهٔ پراکندگی امواج در منطقهٔ دور دریافت نشود .



تأثیر اندازهٔ عیب در نمایش تصویر اسیلوسکوپ: (الف) بدون عیب، فقط پالس اولیه و پژواک سطح مقابل؛ (ب) پژواک عیب کوچک اما پژواک سطح مقابل بزرگ؛ (پ) پژواک عیب بزرگ با پژواک سطح مقابل کوچک.

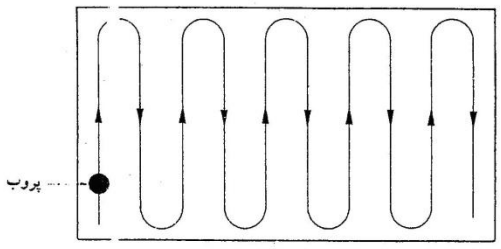
ب) عیب هایی غیر از عیب های صفحه ای : مناطقی که دارای حفره های میکروسکوپی هستند ، موجب پراکندگی معمول امواج شده و روی صفحه ٔ اسیلوسکوپ یک رد چمنی شکل بدون پژواک سطح مقابل نمایان می کند .

ناخالصی ها یا حفره های بزرگ کروی یا بیضوی پژواک کوچکی نمایان می سازند که به همراه پژواک کوچکی از سطح مقابل است ، در حالی که یک رد ساده که هیچ گونه پژواکی را نشان نمی دهد ممکن است مربوط به یک عیب صفحه ای با زاویهٔ غیر قائم نسبت به امتداد پرتو باشد .

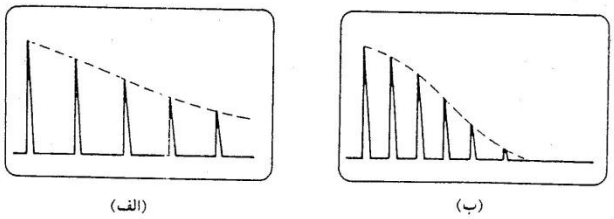


(الف) حفره‌های میکروسکوپی؛ (ب) عیب بیضوی؛ (پ) عیب زاویه‌دار.

پ) تورق در صفحه ٔ ضخیم : صفحه باید کاملا به روشی که در شکل زیر نموده شده است روبش گردد . علایم تورق از فواصل نزدیک پژواک ها و افت سریع ارتفاع علامت های پژواک مشخص می شود . هر دو یا یکی از این علایم دلیلی بر وجود تورق خواهند بود .

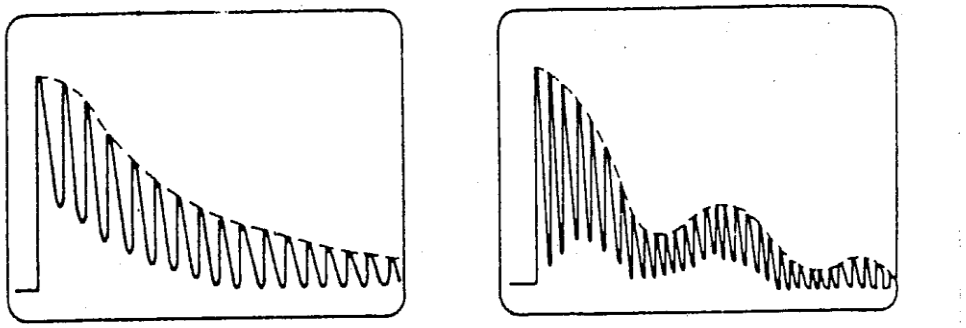


روش روبش سطوح بزرگ.



(الف) یک صفحهٔ بدون عیب؛ (ب) صفحهٔ تورق یافته.

ت) تورق در صفحه ٔ نازک : صفحهٔ نازک ممکن است به صفحه ای گفته شود که ضخامت آن کمتر از منطقهٔ مردهٔ پروب باشد . یک صفحهٔ سالم یک سری پژواک های منظم که به تدریج دامنه ٔ آنها کم می شود، نشان می دهد . اما یک ناحیهٔ تورق یافته پژواک های به هم فشرده ای را نشان می دهد که دامنهٔ آنها بسیار سریعتر کاهش می یابد . حتی ممکن است پژواک ها از وضعیت منظم به صورت نامنظم در بیایند . نامنظم شدن شکل در اغلب موارد نشانهٔ خوبی از تورق های داخلی در صفحات نازک است (شکل زیر) .

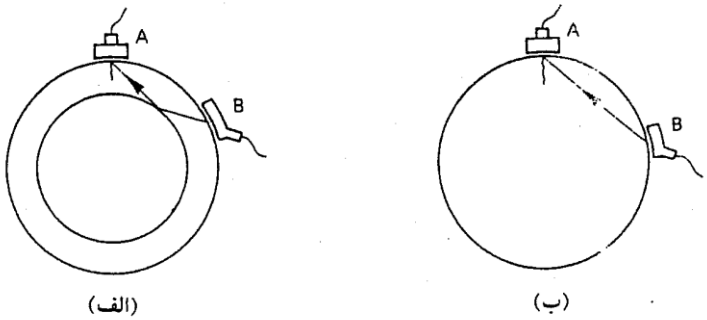


(الف) (ب)

علائم تورق در صفحهٔ نازک: (الف) یک صفحهٔ خوب؛ (ب) یک صفحهٔ تورق یافته.

ث) عیوب جوشکاری : آزمون فراصوتی با استفاده از پروب های زاویه ای از نوع بازتابی یا عبوری روش مطمئنی برای آشکار سازی عیوب جوشکاری های لب به لب و تعیین موقعیت دقیق آنهاست . اما تعیین دقیق ماهیت عیب نسبتا مشکل است و بیشتر به مهارت و تجربه ٔ اپراتور بستگی دارد . اگر پس از بازرسی فراصوتی در ذهن اپراتور در مورد کیفیت جوش شکی وجود داشته باشد عاقلانه است که از مح ل مظنون رادیوگرافی شود .

ج) عیوب شعاعی در لوله های استوانه ای و محور ها : عیب شعاعی در قطعات استوانه ای معمولا با بازرسی پروب عمودی قابل آشکار سازی نیست ، زیرا این عیب ، موازی پرتو فراصوتی خواهد بود . در این گونه موارد استفاده از یک پروب زاویه ای با روش بازتابی به روشنی وجود عیب را مشخص خواهد ساخت .



(الف) (ب)

آشکارسازی عیوب شعاعی در: (الف) لوله‌ها؛ (ب) میلهٔ توپر ـ یک پروب عمودی در موقعیت A عیب را آشکار نخواهد کرد ولی پروب زاویه‌ای B آشکار خواهد کرد.

روش ها و استانداردها

روش ها و استانداردهایی که در این بخش ارائه شده است برای آزمایش ماوراء صوت جوش های شیاری و ناحیهٔ متاثر از جوش از ضخامت ۸ تا ۲۰۰ میلیمتر کاربرد دارد .

تغییرات : با تایید مهندس طراح میتوان تغییراتی در روش انجام آزمایش ، تجهیزات و ضوابط پذیرش مذکور در این قسمت اعمال نمود . این تغییرات میتوانند در زمینه های محدودهٔ ضخامت ، هندسهٔ جوش ، ابعاد پروب ، فرکانس ها ، روغن واسطه ، سطح رنگ شده ، تکنیک آزمایش و غیره باشد . این تغییرات تصویب شده بایستی در گزارش های قرارداد ، ارائه شود .

فلز پایه : هدف از آزمایش های توصیه شده در این قسمت ، جست وجوی معایب موجود در تولید ورق نیستند لیکن ترکهایی که در فلز پایه در مجاورت جوش به وجود می آیند (مثل ترک در ناحیهٔ تفتیده ، تورق و موارد مشابه) ، باید گزارش شوند .

تایید صلاحیت پرسنل

الزامات ASNT : پرسنلی که علاوه بر بازرسی چشمی آزمایش غیر مخرب انجام می دهند ، بایستی مطابق الزامات آخرین چاپ SNT-TC-1A پیشنهادی انجمن آزمایش های غیر مخرب آمریکا ، تایید صلاحیت شوند . فقط افرادی که برای سطح یک آزمایش غیر مخرب تایید صلاحیت شده و زیر نظر فردی سطح دو آزمایش غیر مخرب باشد و نیز فرد تایید صلاحیت شده برای سطح دو آزمایش غیر مخرب ، مجاز به انجام آزمایش غیر مخرب می باشد.

گواهینامه : ارائه گواهینامه سطح یک و سطح دو بایستی توسط یک فرد با سطح سه صورت گیرد که یا (الف) توسط انجمن آزمایش های غیر مخرب آمریکا تایید صلاحیت شده باشد و یا (ب) فرد با تجربه ای باشد که به واسطه تمرین و تحصیلات توانسته باشد آزمون مشخص شده در SNT-TC-1A را با موفقیت بگذراند .

گسترهٔ انجام آزمایش

در اطلاعاتی که به پیشنهاددهندگان در زمان مناقصه ارائه می شود بایستی به روشنی گستره آزمایش های غیر مخرب (نوع ، رده بندی ، یا موقعیت) جوش مشخص شده باشد .

آزمایش کامل : جوش هایی که در مدارک قرارداد نیاز به انجام آزمایش غیر مخرب دارند ، بایستی برای طول کامل جوش آزمایش شوند ، مگر آنکه انجام آزمایش به صورت مقطعی به روشنی مشخص شده باشد .

آزمایش مقطعی : اگر آزمایش مقطعی مشخص شده باشد ، موقعیت و طول جوش ها یا رده بندی جوش بایستی به روشنی در مدارک قرارداد ، مشخص شده باشد .

آزمایش نقطه ای : اگر آزمایش نقطه ای مشخص شده باشد ، تعداد نقاط مورد آزمایش به ازای رده بندی و طول جوش مورد آزمایش بایستی در اطلاعات ارائه شده به پیشنهاددهندگان ، گنجانده شود . هر آزمایش نقطه ای بایستی حداقل ۴ اینچ (۱۰۰ میلیمتر) طول جوش را پوشش دهد . اگر در آزمایش نقطه ای عدم پیوستگی هایی نمایان شود که غیر قابل قبول بوده و نیاز به تعمیر دارند ، گستره آن عدم پیوستگی ها بایستی تعیین گردد . دو نمونه آزمایش نقطه ای اضافه در همان قسمت جوش در ناحیه ای دورتر از نقطه اول بایستی انجام شود . موقعیت آزمایش های نقطه ای اضافه بایستی با توافق پیمانکار و بازرس تاییدکننده باشد . اگر در هر یک از دو نمونه آزمایش نقطه ای اضافه ، عیوبی را که نیاز به تعمیر دارند مشخص شود ، سرتاسر آن قسمت جوش که به نمایندگی آن آزمایش نقطه ای انجام شده است ، بایستی مورد آزمایش قرار گیرد . اگر جوش تحت آزمایش بیش از یک قسمت جوش را شامل می شود ، در این صورت بایستی دو نمونه آزمایش نقطه ای اضافه در هر قسمت جوش انجام شود . موقعیت انجام آزمایش های جدید بایستی با توافق پیمانکار و بازرس تایید کننده باشد.

اطلاعات مرتبط : بازرس آزمایش غیر مخرب ، قبل از انجام آزمایش ، بایستی دسترسی به اطلاعات مرتبط شامل ساختار اتصال جوشی ، ضخامت قطعات ، روش های جوشکاری مورد استفاده داشته باشد . بازرسین آزمایش های غیر مخرب بایستی از هرگونه تعمیر صورت گرفته بر روی جوش مطلع شوند .

قطعات استاندارد مرجع

برای کالیبره کردن حساسیت و مقیاس افقی باید از قطعهٔ مرجع موسسهٔ بین المللی جوشکاری (شکل ۲-۱) و یا در صورت تایید مهندس ناظر از سایر قطعات استفاده نمود .

استفاده از یک بازتاب کنج جهت کالیبراسیون ممنوع است . ترکیب پروب و دستگاه باید قادر به تفکیک سه روزنه در قطعهٔ مرجع تمایزگر RC نشان داده شده در شکل ۲-۲ باشد .

پروب : ابعاد پروب باید طوری باشد که فاصلهٔ بین لبهٔ هادی پروب تا نقطهٔ شاخص از ۲۵ میلیمتر بیشتر شود . (شکل ۲-۳)

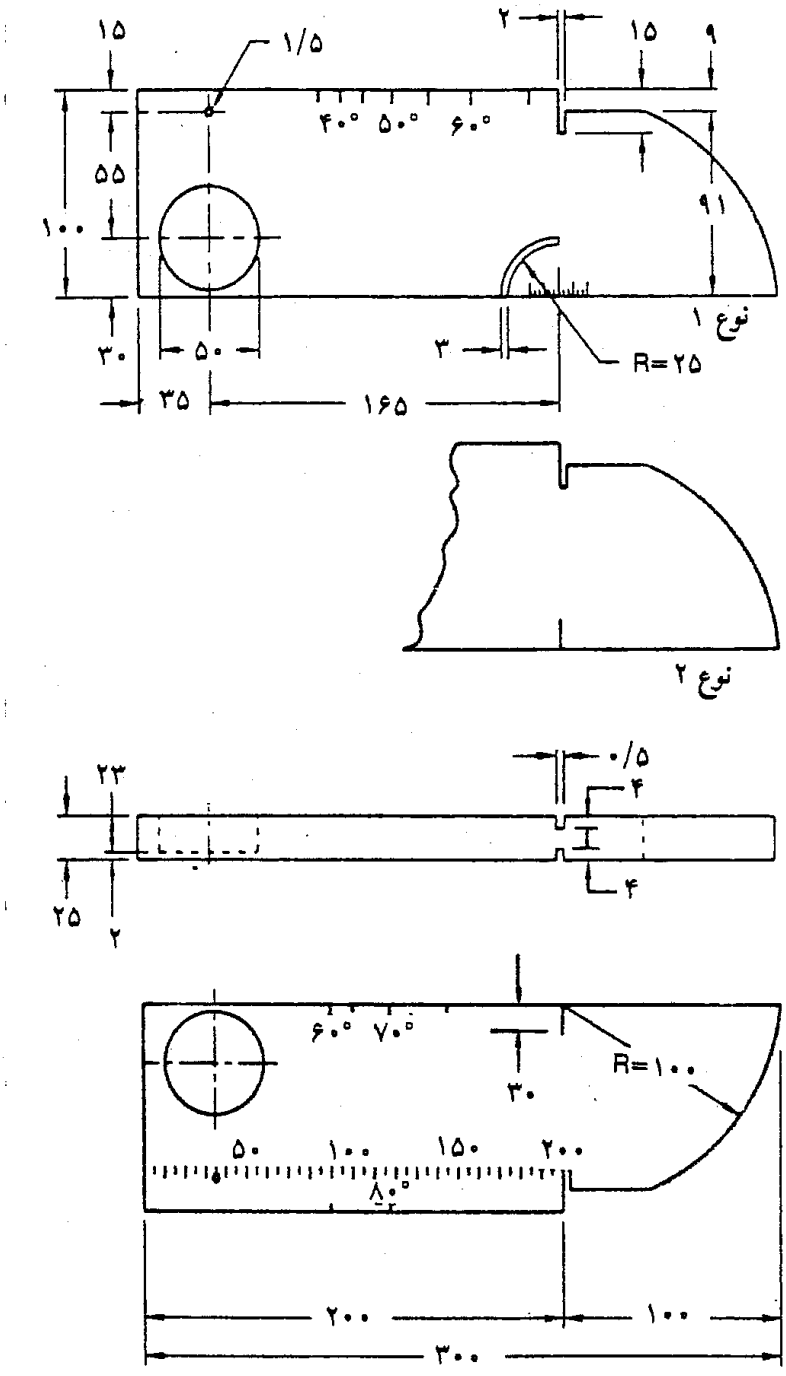
تفکیک : پروب باید در روی قطعهٔ تفکیک RC در وضعیت Q (برای زاویهٔ ۷۰ درجه) ، وضعیت R (برای زاویهٔ ۶۰ درجه) و یا وضعیت S (برای زاویهٔ ۴۵ درجه) قرار گیرد . دستگاه باید سه سوراخ را به تفکیک نشان دهد (شکل ۲-۴) .

فاصلهٔ تقرب پروب : حداقل فاصلهٔ مجاز بین پنجهٔ پروب و لبهٔ قطعهٔ IIW باید به صورت زیر باشد :

برای پروب ۷۰ درجه : $X = 50mm$

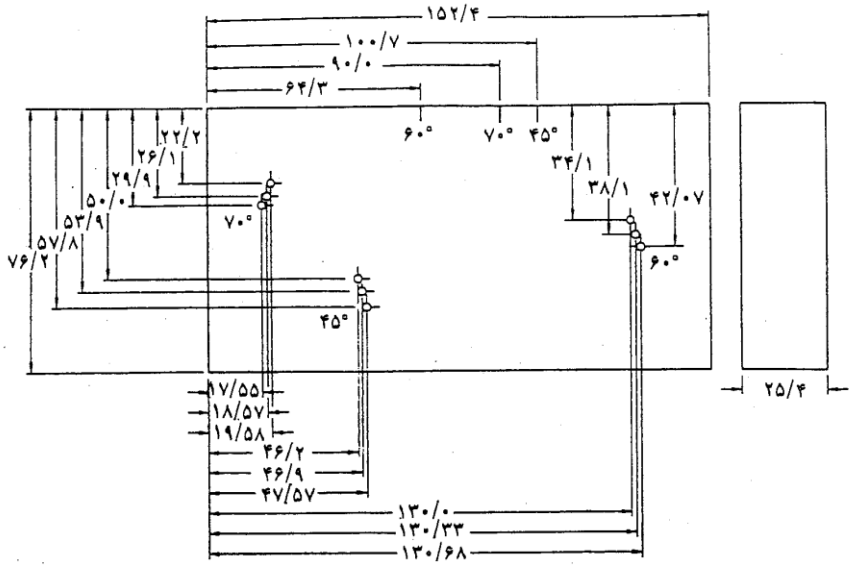
برای پروب ۶۰ درجه : $X = 37mm$

برای پروب ۴۵ درجه : $X = 25mm$



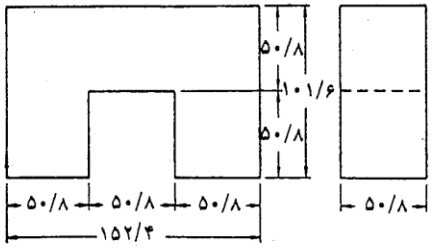
(ابعاد برحسب میلیمتر)

شکل ۲- ۱ - قطعهٔ مرجع استاندارد IIW



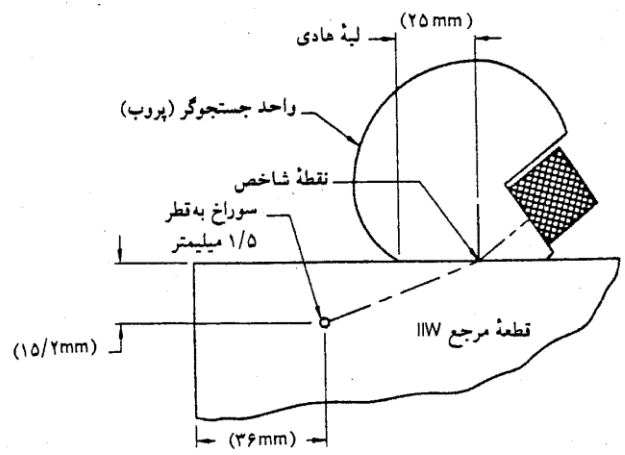
قطر تمام سوراخها ۱/۶ میلیمتر است

قطعهٔ مرجع RC برای ارزیابی تفکیک



قطعه مرجع نوع DS برای ارزیابی فاصله و حساسیت

شکل ۲- ۲ - قطعات ارزیابی (ابعاد به‌میلیمتر)



شکل ۲ -۳ - روش ارزیابی و تأیید کیفیت پروب به‌کمک قطعهٔ مرجع IIW

ارزیابی تجهیزات

- محور افقی صفحهٔ نمایش دستگاه فراصوت باید بعد از هر ۴۰ ساعت کار مورد ارزیابی قرار گیرد .

- دگمهء تنظیم دسی بل باید در فواصل ۲ ماه کالیبره شود .

- بعد از هر ۴۰ ساعت کار ، حداکثر پژواک داخلی پروب باید مورد ارزیابی قرار گیرد .

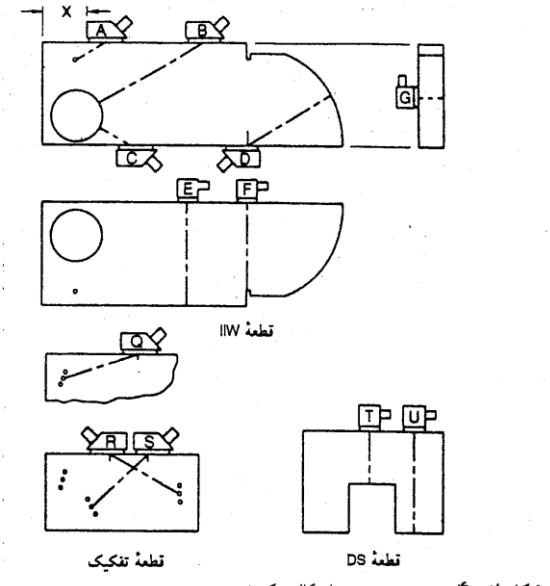
- با استفاده از یک تنظیم استاندارد ، بعد از هر ۸ ساعت کار ، پروب زاویه ای باید مورد ارزیابی قرار گیرد تا مشخص گردد که سطح تماس تخت است و نقطهٔ دخول امواج صوتی صحیح می باشد و زاویهٔ انتشار با رواداری ۲± درجه در محدودهٔ مجاز است . در صورتیکه پروب این ضوابط را برآورده ننماید ، باید تعویض گردد .

ارزیابی صحت اندازه گیری فاصله (مقیاس افقی) : پروب عمودی باید در وضعیتهای G ، T و یا U در روی قطعهٔ IIW یا DS قرار گیرد تا پنج پژواک دریافت نماید . اولین و آخرین موج در وضعیت صحیحشان قرار داده می شوند . به کمک دگمه تنظیم دسی بل ، پژواکها را به تراز مرجع تنظیم نمایید.

موقعیت هر یک از انحرافهای میانی باید در محدودهٔ ۲ درصد عرض صفحهٔ نمایشگر باشد.

ارزیابی دقت دسی بل : دستگاه باید دارای دگمهٔ تنظیم دسی بل با گام ۱ یا ۲ دسی بل در دامنه ای مساوی ۶۰ دسی بل باشد . دقت تنظیم باید مساوی ۱± دسی بل باشد .

(۱) یک پروب عمودی باید مطابق شکل ۲-۴ در وضعیت T از قطعهٔ DS (شکل ۲-۲) مستقر شود .



شکل ۲- ۴ - وضعیت پروب برای کالیبره کردن

(۲) مقیاس افقی باید طوری تنظیم شود که اولین پژواک ۵۰ میلیمتری سطح مقابل ، در وسط صفحه ٔ نمایش قرار گیرد . (۳) دگمه ٔ تنظیم دسی بل باید طوری تنظیم شود که شاخص به طور دقیق و یا به مقدار کمی بالاتر از ۴۰ درصد صفحه ٔ نمایش قرار گیرد . (۴) پروب باید به سمت بالا به وضعیت U (شکل ۲-۴) حرکت داده شود تا دقیقا در ۴۰ درصد ارتفاع صفحه ٔ نمایش قرار گیرد . (۵) به وسیله ٔ دگمه تنظیم دسی بل ، دامنه ٔ صوت به اندازه ٔ ۶ دسی بل افزایش داده می شود . به صورت تئوریک ، تراز شناسایی باید ۸۰ درصد ارتفاع صفحه ٔ نمایش باشد . (۶) قرائت دسی بل باید زیر ستون a و ارتفاع واقعی بر حسب درصد (گام۵) در زیر ستون b در گزارش ارزیابی نوشته شود . (۷) پروب مقدار بیشتری به سمت وضعیت U (شکل ۲-۴) حرکت داده شود تا تراز شناسایی دقیقا در ۴۰ درصد ارتفاع صفحه ٔ نمایش قرار گیرد . (۸) گام ۵ باید تکرار شود . (۹) گام ۶ تکرار می شود . نتایج در ردیف بعدی گزارش منعکس می گردد . (۱۰) گامهای ۷ ، ۸ و ۹ باید به ترتیب تکرار شوند تا دامنه ٔ کامل دگمه ٔ تنظیم دسی بل حاصل گردد (حداقل ۶۰ دسی بل) . (۱۱) اطلاعات نوشته شده در زیر ستونهای a و b دررابطه ٔ زیر یا نموگرام شرح داده شده در بند بعد از آن قرار داده شوند تا دسی بل اصلاح شده حاصل گردد . (۱۲) دسی بل اصلاح شده از گام ۱۱ در ستون c درج می شود . (۱۳) ستون c باید از ستون a کسر شده و اختلاف در ستون d تحت عنوان خطای dB نوشته شود . توجه : این مقدار می تواند مثبت یا منفی باشد . به فرمهای D8 ، D9 و D10 توجه فرمایید .(۱۴) اطلاعات کسب شده باید در فرم D8 ثبت گردند . (۱۵) فرم D9 وسیله ای ساده برای پردازش اطلاعات ردیف ۱۴ است . روش محاسبات در ردیف های ۱۶ تا ۱۸ ارائه شده است . (۱۶) مقدار دسی بل از ستون e (فرم D8) مولفه ٔ X و دسی بل قرائت شده از ستون a (فرم D8) مولفه ٔ Y نقاط منحنی دسی بل در فرم D9 است . (۱۷) طولانی ترین تصویر افقی که در آن ۲ دسی بل اختلاف قائم ایجاد می شود ، نشان دهنده ٔ دامنه ٔ dB است که وسیله ٔ منطبق بر ضوابط آیین نامه است . حداقل دامنه ٔ مجاز dB ۶۰ می باشد . (۱۸) دستگاههایی که این حداقل را برآورده ننمایند ، مشروط بر رفع خطا ، قابل استفاده هستند .

برای محاسبات دسی بلها از روابط زیر استفاده می شود :

$$dB_2 - dB_1 = 20 * \log (\%_2 / \%_1)$$

یا

$$dB_2 = 20 * \log (\%_2 / \%_1) + dB_1$$

طبق فرمول D8 :

dB_1 = ستون a

dB_2 = ستون c

%1 = ستون b

%2 = در فرم D8 تعریف شده است .

در هنگام استفاده از نموگرام فرم D10 به تذکرات زیر توجه داشته باشید :

(۱) ستونهای a ، b ، c و d در فرم D8 قرار دارد . (۲) مقیاسهای A ، B و C در نموگرام فرم D10 قرار دارد . (۳) نقاط صفر در روی مقیاس C باید با اعدادی مثل ۰ ، ۱۰ ، ۲۰ ، ۳۰ و غیره بر حسب تنظیم دستگاه ، جایگزین شوند .

روشهای زیر در هنگام استفاده از نموگرام فرم D10 مورد استفاده قرار می گیرد : (۱) دسی بل مربوط به ستون a در روی مقیاس c و درصد مربوطه در ستون b روی مقیاس A برده شده و توسط یک خط مستقیم بهم وصل می شوند . (۲) نقطهٔ تقاطع این خط با مقیاس B ، نقطهٔ چرخش خط مستقیم دوم است . (۳)

نقطهٔ میانگین ٪ روی محور A برده شده و از این نقطه به نقطهٔ چرخش تولید شده در گام ۲ وصل شده و ادامه داده می شود تا مق یاس دسی بل را روی مقیاس C قطع نماید . (۴) عدد مربوط به این نقطه در مقیاس C ، نشان دهندهٔ دسی بل اصلاح شده برای استفاده از ستون C می باشد .

ارزیابی انعکاس داخلی : (۱) تنظیم پروب زاویه ای : (الف) تنظیم مقیاس افقی با استفاده از قطعه ٔ تنظیم IIW . (ب) کالیبره مقیاس قائم و حساسیت : پروب باید در وضعیت A در روی قطعهٔ IIW قرار گیرد و به سمت سوراخی با قطر ۱/۵ میلیمتر نشانه رود (شکل ۲-۴) . موقعیت پروب تا حدی که حداکثر علائم پژواک دریافت شود ، تنظیم می گردد . با کمک دگمه تنظیم دسی بل ، موج پژواک تبدیل به خط افقی می شود .

حداکثر قرائت بر حسب دسی بل تراز مرجع b می باشد . (۲) پروب را بدون اینکه تنظیم دستگاه دستکاری شود ، از روی قطعه ٔ تنظیم بردارید . (۳) دگمه تنظیم دسی بل را به مقدار ۲۰ دسی بل نسبت به تراز

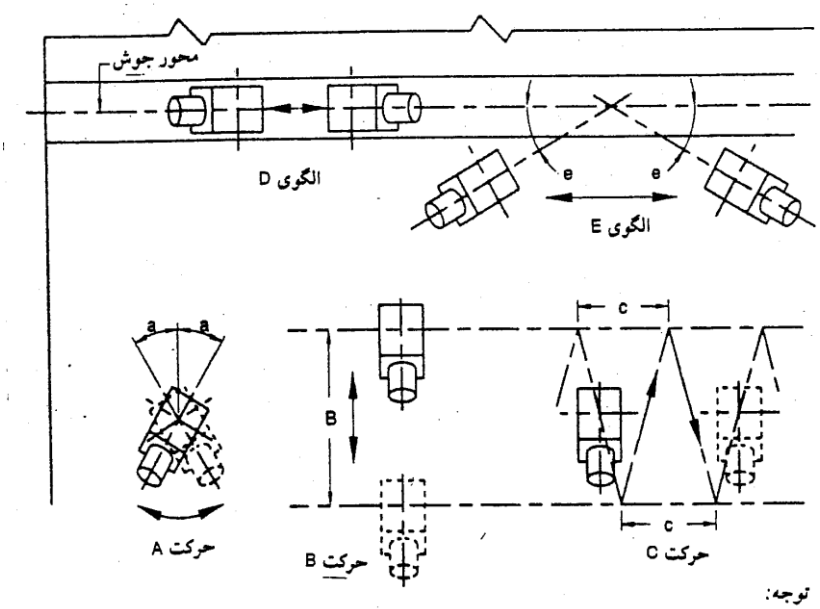
مراجع افزایش دهید . (۴) صفحهٔ نمایش در فراتر از موج ۱۳ میلیمتر و بالای تراز مرجع باید عاری از هر گونه علامت باشد .

تعیین لبه های عیب

ابعاد ترکهای ناشی از تورق همواره به آسانی قابل تعیین نیست ، مخصوصا زمانیکه ابعاد آنها کوچکتر از ابعاد مبدل است . وقتیکه ابعاد ترک بزرگتر از ابعاد مبد ل است ، پژواک پشت (سطح مقابل) به طور کامل از بین می رود و بعد از پژواک اولیه ، یک پژواک به علت ترک خواهیم داشت . وجود افتی به مقدار ۶ دسی بل می تواند مبین لبه ٔ شروع ترک باشد . برای تعیین لبه ٔ عیوب کوچک ، پروب به آرامی به سمت ترک حرکت داده می شود . شروع اغتشاشات در لبهٔ ورق ، به معنای برخورد با لبهٔ عیب است .

الگوهای روبش (جستجو)

به شکل ۲-۵ توجه فرمایید .



توجه:
۱ ـ الگوی روبش همواره نسبت به‌محور جوش متقارن است به‌استثنای الگوی D که به‌طور مستقیم در روی محور جوش انجام می‌شود.
۲ ـ در صورت امکان، آزمایش باید از هر دو طرف محور جوش انجام شود.

شکل ۲ـ۵ ـ پلان الگوهای روبش

ترک های طولی

الف) حرکت روبشی A : زاویهٔ دوران $a = 10^o$ است .

ب) حرکت روبشی B : فاصلهٔ حرکتی B باید چنان باشد تا تمام جوش مورد نظر را پوشش دهد .

پ) حرکت روبشی C : گام حرکتی c به طور تقریب نصف عرض مبدل است .

توجه : حرکتهای A ، B و C در یک الگوی روبشی با هم ترکیب می شوند .

ترک های عرضی

الف) حرکت روبشی D وقتی مورد استفاده قرار می گیرد که سطح جوش به صورت همسطح با ورق سنگ خورده است .

ب) حرکتی روبشی E وقتی مورد استفاده قرار می گیرد که گردهٔ جوش سنگ نخورده باشد . زاویه روبش e حداکثر مساوی ۱۵ درجه است .

توجه : الگوی روبش باید طوری باشد که مقطع کامل جوش پوشش داده شود .

جوش سربارهٔ الکتریکی و جوش گاز الکتریکی – الگوی روبش E

زاویهٔ دوران ۴۵ تا ۶۰ درجه است .

توجه : الگوی روبش باید طوری باشد که مقطع کامل جوش روبش شود .

فرم ارزیابی دستگاه فراصوت

دستگاه فراصوت
مدل _____ سریال _____ تاریخ _____
پروب
ابعاد _____ نوع _____ ارزیاب _____
فرکانس _____ MHz پایهٔ اپراتور ASNT _____

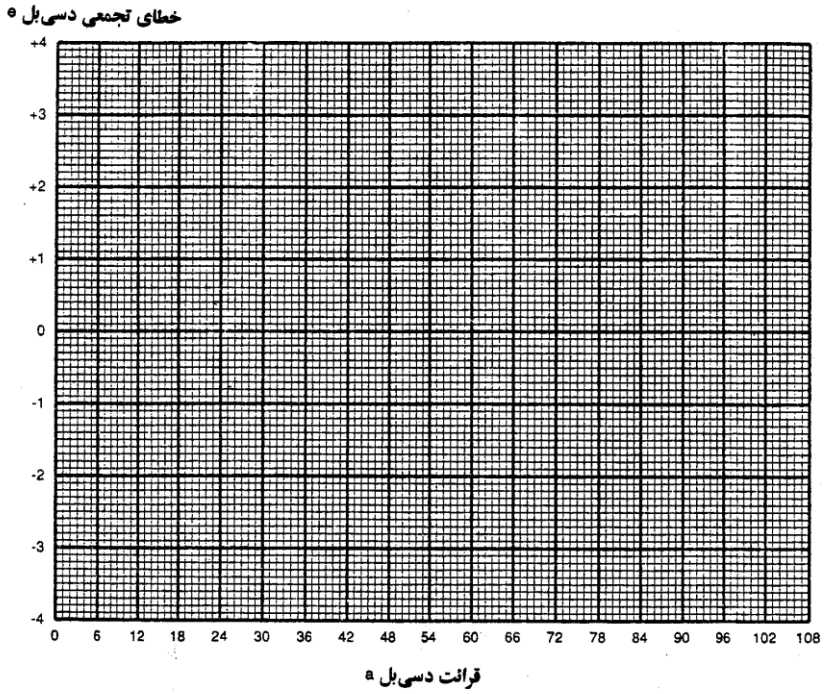
جدول

شماره	a قرائت dB	b مقیاس %	c قرائت اصلاح‌شده	d خطای dB	e خطای تجمعی db
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					
۶					
۷					
۸					
۹					
۱۰					
۱۱					
۱۲					
۱۳					
۱۴					
۱۵					
۱۶					
۱۷					
۱۸					
۱۹					
۲۰					
۲۱					
۲۲					
۲۳					
۲۴					
۲۵					
۲۶					

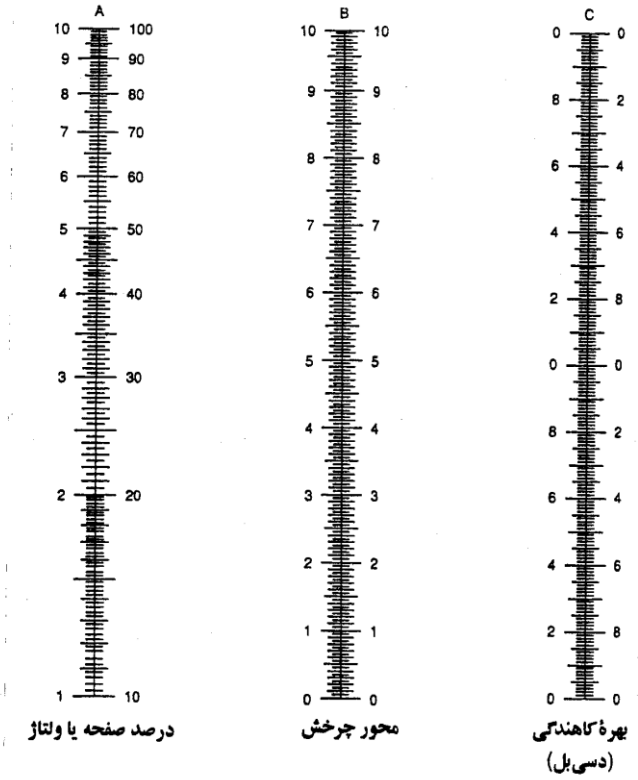
۲٪ (Average) _____ %

دامنهٔ ارزیابی‌شده کل _____ dB تا _____ dB = _____ dB خطای کل _____ dB
دامنهٔ ارزیابی‌شده کل _____ dB تا _____ dB = _____ dB خطای کل _____ dB

فرم ۸ـD



فرم ۹ ـ D ـ ارزیابی دقت دسی‌بل



فرم ۱۰ ـ D ـ نموگرام کاهندگی یا بهره (دسی‌بل)

فرم آزمایش فراصوت

پروژه _____ شماره گزارش _____

شناسایی جوش _____

ضخامت مصالح _____

تیپ درز _____

فرآیند جوشکاری _____

ضابطهٔ پذیرش (بند) _____

توضیحات _____

شماره خط	شماره تشخیص	زاویه پروب	وجه	ساق	دسی‌بل				ناپیوستگی					تخمین ناپیوستگی	توضیحات
					تراز تشخیص a	تراز مرجع b	ضریب کاهندگی c	درجهٔ عیب d	طول	طول مسیر تابش	عمق از سطح A	فاصله از x	فاصله از y		
۱															
۲															
۳															
۴															
۵															
۶															
۷															
۸															
۹															
۱۰															
۱۱															
۱۲															
۱۳															
۱۴															
۱۵															
۱۶															

تاریخ آزمایش _____ سازنده _____

بازرس _____ تأیید _____

تاریخ _____

فرم ۱۱ـD

سنسورهای التراسونیک و کاربرد این سنسورها

.التراسونیک به معنای مافوق صوت است .فرکانسهای این محدوده را میتوان بین ۴۰ کیلو هرتز تا چندین مگا هرتز در نظر گرفت .امواجی با این فرکانسها که کاربردهایی چون سنجش میزان فاصله،سنجش میزان عمق یک مخزن،تعیین فشار خون یک بیمار،همگن کردن مواد مذاب،استفاده در دریلها جهت ایجاد ضربه و کارائی بیشتر دریل،تست قطعات صنعتی از نظر کیفی جهت تشخیص شکافها و سوراخهای ریز و غیره اشاره کرد.

جهت استفاده از این امواج یک سری سنسورهای مخصوص طراحی شده که میتوان این سنسورها را به دو دسته صنعتی و غیر صنعتی تقسیم بندی کرد .سنسورهای غیر صنعتی در فرکانسهایی در حدود ۴۰ کیلو هرتز کار میکنند و در بازار با قیمتهای پایین در دسترس هستند. در این سنسورها دقت کار بالا نبود و فقط در حد تشخیص یک فاصله یا عمق یک مایع میتوان از آنها استفاده کرد .اما در سنسورهای صنعتی که در فرکانسهای در حد مگا هرتز کار میکنند به دلیل همین فرکانس بالا ما دقت زیادی را خواهیم داشت.

سنسورهای آلتراسونیک

ماژول آلتراسونیک SRF485WPR - RS485

طراحی شده برای استفاده در پارکینگ‌ها و مناسب برای استفاده در هر جایی که تعداد قابل توجهی از ردیاب‌های صوتی (sonar) استفاده می‌شود.

- ولتاژ: ۸ تا ۱۴ ولت، ۱۲ ولت اسمی
- جریان: ۱۰ میلی آمپر
- فرکانس: ۴۰ کیلوهرتز
- محدوده عملکرد: ۶۰ تا ۵۰۰ سانتی متر
- اتصال: پورت RS485 استاندارد
- قابلیت اتصال ۱۲۷ SRF485WPR به کنترلر شما
- دمای استاندارد: از ۳۰- تا ۵۰+ درجه سانتی گراد

ماژول آلتراسونیک SRF06

ماژول آلتراسونیک SRF-485 - RS485

طراحی شده برای استفاده در پارکینگ ها و مناسب برای استفاده در هر جایی که تعداد قابل توجهی از ردیابهای صوتی استفاده می-شود. این فرستنده- گیرنده صوتی دارای ۳ خروجی قابل برنامه-ریزی با نمایشگر LED می‌باشد.

- ولتاژ: ۸ تا ۱۴ ولت، ۱۲ ولت اسمی
- جریان: ۱۰ میلی آمپر
- فرکانس: ۴۰ کیلوهرتز
- محدوده عملکرد: ۳۰ تا ۵۰۰ سانتی متر
- اتصال: پورت RS485 استاندارد
- قابلیت اتصال ۱۲۷ عدد از این ماژول به کنترلر شما
- دمای استاندارد: از ۳۰- تا ۵۰+ درجه سانتی گراد

ماژول آلتراسونیک SRF08

ماژول آلتراسونیک SRF08

ماژول آلتراسونیک SRF0۵

برنامه به زبان c

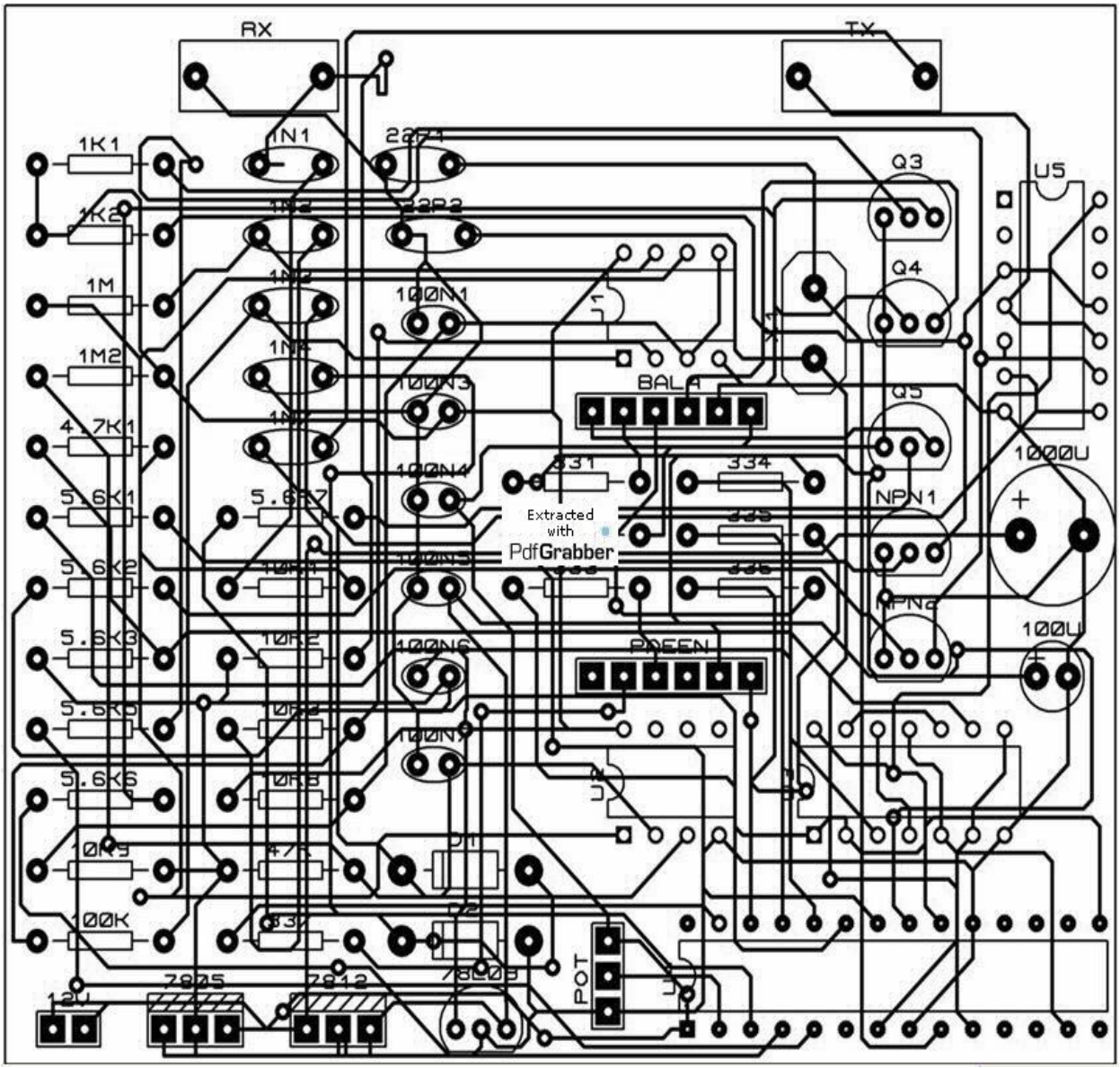
```
#include <mega8.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>

unsigned char distanc;
char flag;
char ovf=0;
// Alphanumeric LCD Module functions
#asm
.equ __lcd_port=0x18 ;PORTB
#endasm
#include <lcd.h>
#define nop #asm("nop")

void send_sound()
{
char i;
for(i=0;i<20;i++)
{
PORTC=0b0000111;
delay_us(11);nop;nop;nop;
PORTC=0b0111000;
delay_us(11);nop;nop;nop;
}
PORTC=0b0000000;
}

void main(void)
{
PORTB=0x00;
DDRB=0xFF;

PORTC=0x00;
DDRC=0b1111111;

PORTD=0x00;
DDRD=0x01;

// Timer/Counter 1 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
// Clock value: 1000.000 kHz
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: On
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x02;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;


// External Interrupt(s) initialization
// INT0: On
// INT0 Mode: rising Edge
// INT1: Off
// INT2: Off
GICR|=0x40;
MCUCR=0x02;
MCUCSR=0x00;
GIFR=0x40;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;
//while(1)send_sound();
// LCD module initialization
lcd_init(16);
```

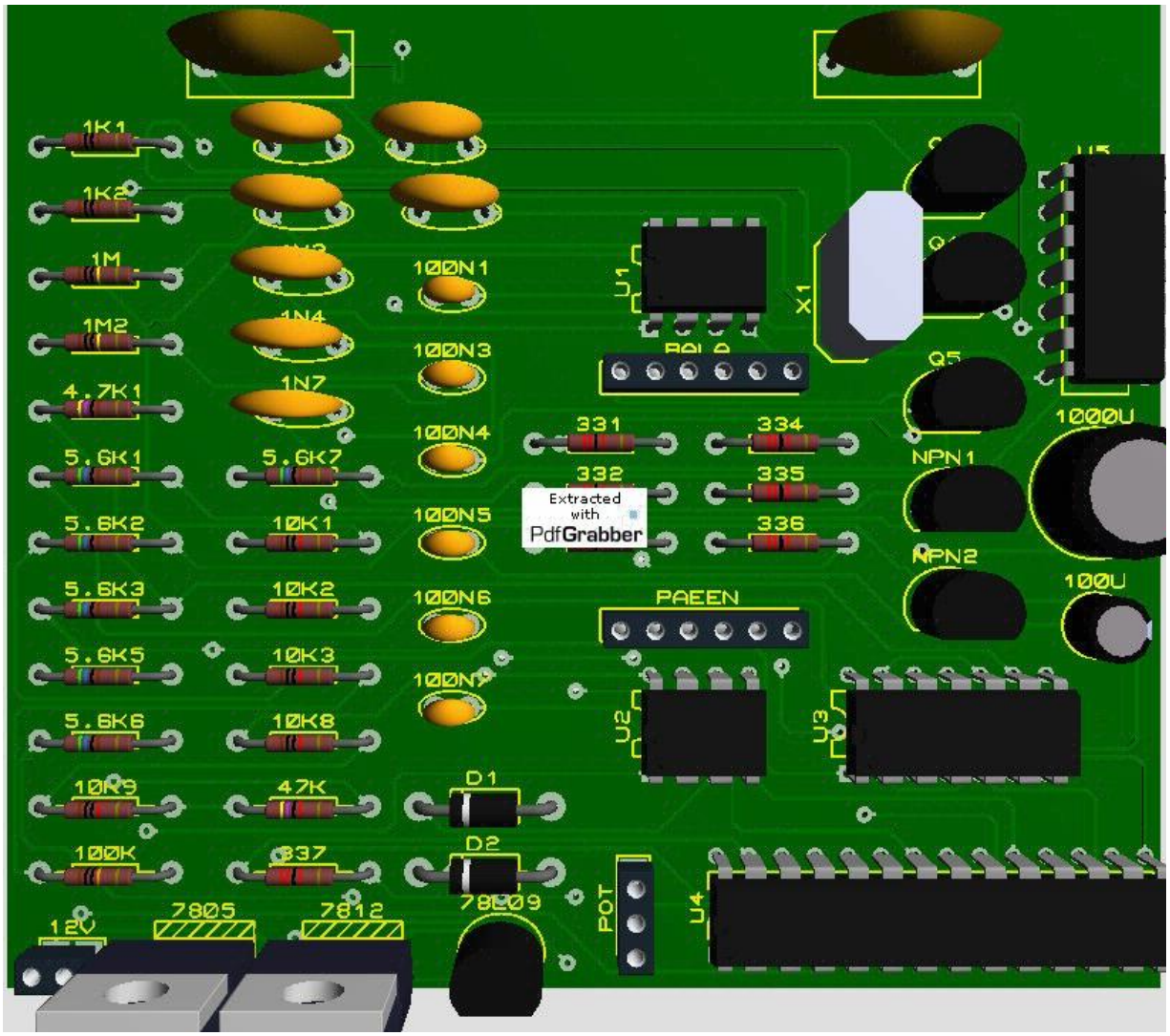
```
lcd_putsf("Ultrasonic");
delay_ms(1000);
lcd_clear();



while (1)
{
unsigned long int sum;
char i;
sum=0;

for(i=0;i<5;i++)
{
flag=1;
while(flag)
{
PORTD.0=1; //disabling reciver
#asm("cli")
TCCR1B=0x00;//timer off
TCNT1 =0x00;//meghdare timer dar in register mibashad

send_sound();
TCCR1B=0x02; ///geting time(on timer)

delay_ms(1);//baraye door shodane seda 1ms sabr mikonad
PORTD.0=0;//faal kardane reciver

#asm("sei") //rah andazie intrrupt
delay_ms(20);//montazere interrupt baraye 6 metr raftobargasht seda mimanad
}
TCCR1B=0x00; //timer khanmoosh
sum+=distanc;//jam kardane faseleha ba ham baraye miangin giri
}
distanc=sum/5;//miangin

lcd_clear();

if(distanc>500)lcd_putsf("Out Of Range");

lcd_gotoxy(0,0);
```

```
lcd_putchar((distanc%10000)/1000+'0');
lcd_putchar((distanc%1000)/100+'0');
lcd_putchar(',');
lcd_putchar((distanc%100)/10+'0');
lcd_putchar((distanc%10)/1+'0');
lcd_putsf(" cm");
};
}

// External Interrupt 0 service routine
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
distanc=TCNT1/57.029;
#asm("cli")
flag=0;
}
```

شماتيک مدار


RX
TX
1K1
1K2
1M
1M2
4.7K1
5.6K1
5.6K2
5.6K3
5.6K5
5.6K6
100K
1N1
100N1
100N3
100N4
100N5
100N7
BALA
PREEN
POT
Q3
Q4
Q5
U5
NPN1
1000U
100U
331
334
335
336
7805
7812
12V
Extracted with PdfGrabber

pcb


1K1
1K2
1M
1M2
4.7K1
5.6K1
5.6K2
5.6K3
5.6K5
5.6K6
10K9
100K
5.6K7
10K1
10K2
10K3
10K8
47K
337
100N1
100N3
100N4
100N5
100N6
100N7
1N7
331
332
334
335
336
Extracted with PdfGrabber
PAEEN
U1
U2
U3
U4
X1
Q5
NPN1
NPN2
1000U
100U
D1
D2
7805
7812
12V
POT

منابع

مقالات الکترونیک

پیتر هاپتمن ؛دکتر نوید تقی زاده- دکتر لادن جلالی –اصول کاربرد سنسورها

اینترنت

www.alldatasheet.com

Www.mpi-ultrsonic.com

www.prowave.com.vt