

مقایسه روش های اندازه گیری نشانه ها به روش فاصله-دامنه-اصلاح و فاصله- تقویت- اندازه و بررسی نقاط قوت و ضعف هریک از این روشها

مهران صفری^{۱*}، وحید صادقی پور^۲

^۱مدیر بخش بازرسی، شرکت مهندسی و ساخت توربین مپنا، ^۲بازرس، شرکت مهندسی و ساخت توربین مپنا،

*safari.mehran@mapnaturbine.com

چکیده

در اندازه گیری نشانه ها به روش فراصوتی، دو روش بیش از همه مورد استفاده قرار می گیرد که یکی از آنها روش فاصله-دامنه-اصلاح و دیگری فاصله-تقویت-اندازه است. روش اول بر اساس استانداردهای آمریکایی پایه ریزی شده است و روش دوم توسط کرات کرامر ابداع شد و بیشتر در کشورهای اروپایی علی الخصوص آلمان مورد استفاده قرار می گیرد. روش فاصله-دامنه-اصلاح بر این اساس است که بدیل تضعیف، شدت انرژی صوت با افزایش فاصله کاهش می یابد و لذا در فواصل مختلف، دامنه سیگنال دریافتی از نشانه های مرجع یکسان متفاوت خواهد بود. روش فاصله-تقویت-اندازه بر اساس شناخت دسته پرتوی هر جستجو کننده بنا نهاده شده است. در این روش چگونگی پاسخ دهی هر منعکس کننده به دسته پرتو، پیش بینی می شود. هر یک از این روشها مزایا و محدودیتهایی دارند که در این مقاله ضمن اشاره اجمالی به چگونگی انجام هر یک از این روشها، این مزایا و محدودیتهای مورد بررسی قرار گرفته و کاربردهای عملی هریک از آنها معرفی شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که علی رغم تفاوت در روش ایجاد منحنی ها و اندازه گیری نشانه ها، نتایج حاصل دارای اختلاف فاحشی نیستند و مطابقت خوبی بین آنها وجود دارد. لذا بر اساس نوع دستورالعمل تعیین شده برای تست و شرایط تست، هر یک از این روشها می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: اندازه گیری نشانه، آزمون فراصوتی، آزمون غیر مخرب، اصلاح دامنه فاصله، فاصله- تقویت- اندازه،

مقدمه

از سطح پشتی قطعه ای که دارای ناپیوستگی نیست، تخمین زده می شود [۱].

در اندازه گیری نشانه ها به روش فراصوتی دو روش فاصله-دامنه-اصلاح^۵ (روش بلوک مرجع) و فاصله-تقویت-اندازه^۶ عموماً در دنیا برای آزمون فراصوتی مورد پذیرش قرار گرفته اند. گرچه این دو روش تفاوتی خیلی زیادی با توجه به کاربردشان دارند اما از نظر اصول فیزیکی انتشار و انعکاس صوت که بر اساس آن بنا نهاده شده اند، اختلافی ندارند. در هر دو روش، بازرسی اندازه (قطر) منعکس کننده مرجع (به شکل منعکس کننده دیسکی یا استوانه ای) را مشخص می کند. اندازه تعیین شده برابر با اندازه واقعی نشانه نیست لذا اصطلاح دیسک دایره ای معادل^۷ و یا قطر سوراخ جانبی معادل^۸ استفاده می شود. معمولاً وقتی از منعکس کننده به شکل دیسک استفاده می شود، اصطلاح کوتاهتر "اندازه

روش پژواک ضربانی^۱ بطور گسترده در روش آزمون فراصوتی مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش پژواکهایی که در اثر ضربان فراصوتی از ناپیوستگی و یا فصل مشترک قطعه منعکس می شود، ثبت می شود. از این روش برای تعیین محل ناپیوستگی و ضخامت سنجی استفاده می شود. عمق نشانه از طریق زمان پرواز^۲ بین ضربان اولیه و پژواک تولید شده بوسیله ناپیوستگی مشخص می شود. عمق ناپیوستگی همچنین می تواند بوسیله زمان نسبی بین پژواک تولید شده بوسیله ناپیوستگی و پژواک دریافتی از دیواره پشتی معین شود. اندازه عیب از طریق مقایسه دامنه سیگنال^۳ صوت منعکس شده از یک فصل مشترک (یا در داخل قطعه یا سطح دیواره پشتی) با دامنه صوت منعکس شده از یک منعکس کننده مرجع^۴ با اندازه شناخته شده یا

^۵ Distance Amplitude correction

^۶ Distance Gain Size

^۷ Equivalent Circular Disk

^۸ Equivalent Side Drilled Hole

^۱ Pulse Echo

^۲ Time of Flight

^۳ Signal Amplitude

^۴ Reference Reflector

دارد که بر حساسیت تاثیر می گذارد. این اختلافات می تواند ناشی از شرایط سطحی، ضخامت مواد یا میزان تضعیف صوت باشد. این اختلافات می تواند جبران شود که این فرآیند به عنوان اصلاح انتقال^۲ (انتقال از بلوک کالیبراسیون به قطعه کار) شناخته می شود [۴].

روش فاصله-تقویت-اندازه

روش فاصله-تقویت-اندازه به معنی مقیاسی است که با تنظیم صحیح تقویت و اندازه (منعکس کننده معادل)، در یک فاصله به یک پژواک اختصاص داده شده است [۳]. روش فاصله-تقویت-اندازه توسط کراتکرامر^۳ در آلمان ایجاد شد که یک روش استاندارد شده بازرسی برای تصمیم گیری در خصوص پذیرش و رد فرآهم می آورد. اصول این روش بر اساس شناخت مشخصات دسته پرتو هر فرستنده و گیرنده صوت است. روشی که هر منعکس کننده به دسته پرتو پاسخ می دهد می تواند پیش بینی شود. منحنی های فاصله-تقویت-اندازه برای دو نوع منعکس کننده رسم می شود. ابتدا برای منعکس کردن همه دسته پرتو از منعکس کننده دیواره پشتی (به عبارت دیگر بزرگتر از دسته پرتو) همراه با افزایش فاصله. در داخل منحنی های دیواره پشتی، منحنی های نوع دوم وجود دارد. یک سری منحنی هایی که برای منعکس کننده هایی کوچکتر از دسته پرتو هستند. این منعکس کننده ها اهدافی به شکل سوراخ های تحتانی تخت^۴ هستند و هر منحنی نماینده یک قطر از سوراخ تحتانی تخت همراه با افزایش فاصله است [۴].

منحنی های فاصله-تقویت-اندازه اجازه می دهد اندازه ناپیوستگی ها بر اساس ارتفاع پژواک و یک سری محاسبات ساده تخمین زده شود. مفهوم اساسی استفاده شده در این تکنیک شامل [۵]:

فاصله کاهش داده شده (فاصله جستجو کننده تا ناپیوستگی به عنوان ضریبی از فاصله میدان^۵ نزدیک بیان می شود) اندازه کاهش داده شده (قطر ناپیوستگی به عنوان بخش از قطر جستجو کننده بیان می شود) مقایسه دامنه پژواک ناپیوستگی با آنچه که از سطح منعکس کننده در سطح صفحه تخت مقابل حاصل می شود (به منظور استاندارد نمودن)

منعکس کننده معادل^۱ مورد پذیرش قرار گرفته است. دلیل اینکه اندازه واقعی عیب با اندازه منعکس کننده معادل، برابر نیست به این دلیل است که بخشی از صوتی که از ناپیوستگی طبیعی منعکس می شود بوسیله شکل، جهت و کیفیت سطحی ناپیوستگی تحت تاثیر قرار می گیرد [۲].

دیسک منعکس کننده معادل یا اندازه منعکس کننده معادل، برابر با اندازه منعکس کننده واقعی است که در حالت ایده آل دایره ای شکل است و دقیقاً عمود بر محور دسته پرتو قرار دارد. در عمل در اکثر موارد این اتفاق نمی افتد در نتیجه اندازه واقعی عیب بطور معمول بزرگتر از اندازه منعکس کننده معادل است. برای آن نمی توان یک قانون ایجاد نمود زیرا ارتفاع پژواک دریافتی، قویاً بستگی به مشخصات ناپیوستگی شامل هندسه، جهت آن با دسته پرتو و کیفیت سطحی آن دارد [۳].

روش فاصله-دامنه-اصلاح

از آنجا که دامنه پژواک می تواند ناشی از مساحت و عمق منعکس کننده می باشد، اهدافی با مساحت و عمق شناخته شده، می توانند به عنوان تنظیم کننده حساسیت استفاده شوند. وقتی فاصله بین فرستنده صوت و منعکس کننده افزایش یابد، میزان انرژی که به منعکس کننده می رسد و بر می گردد کاهش می یابد. این اصل با مشاهده دامنه سیگنال برگشت داده شده از یک منعکس با اندازه مشخص که در فواصل مختلف از فرستنده و دریافت کننده صوت قرار داده شده است، آشکار می شود. میزان کاهش سیگنال آشکار شده بستگی به عواملی نظیر میزان تضعیف صوت در مواد، فرکانس و اندازه فرستنده دارد [۴].

یک منحنی برای بیان گرافیکی این کاهش انرژی به نسبت حرکت آن از میان قطعه، رسم می شود که به عنوان منحنی فاصله-دامنه-اصلاح شناخته می شود. در بسیاری از دستورات عملی این منحنی لازم است برای تست قطعات رسم شود و پذیرش یا رد قطعات بر اساس مقدار انرژی که بوسیله منعکس کننده به فرستنده و دریافت کننده صوت می رسد تعیین شود [۴].

وقتی دامنه مرجع با استفاده از بلوکهای مرجع ایجاد می شود، بین بلوک کالیبراسیون و قطعه کار اختلافاتی وجود

^۴ Flat Bottom Holes

^۵ Near Field

^۱ Equivalent Reflector Size (ERS)

^۲ Transfer Correction

^۳ Krautkramer

انتهایی در این تنظیم تقویت جدید، ارتفاع پژواکی معادل ارتفاع اولیه (۰.۴۰٪) خواهد داد [۴].

برای جستجو کننده های زاویه ای پژواک اولیه از شعاع ۱۰۰ میلیمتری بلوک IIW V1^۱ گرفته می شود. از آنجا که این پژواک دیواره انتهایی قطعه کار نیست، اصلاح انتقال باید انجام شود [۴].

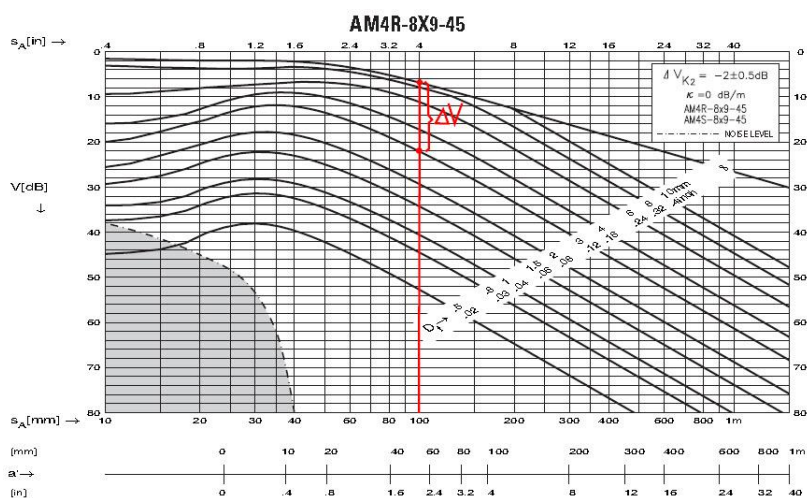
تقویتی که بر اساس آن اسکن باید انجام شود بر اساس فرمول زیر محاسبه می شود.

$$V_r = V_j + \Delta V + \Delta V_k + \Delta V_t \quad (1)$$

که در آن V_j تقویت مورد نیاز برای تنظیم پژواک حاصل از منعکس کننده مرجع، ΔV اختلاف تقویت بین منحنی منعکس کننده مرجع و منحنی اندازه، ΔV_k عامل اصلاحی برای وقتی که از منعکس کننده منحنی شکل استفاده می شود و ΔV_t اصلاح انتقال است که در نتیجه از دست دادن مایع اتصال دهنده در سطح تماس (مستقل از طول مسیر موج) و همچنین میزان تضعیف صوت در مواد، می باشد (وابسته به طول مسیر موج) [۶].

این تکنیک عمدتاً تعیین اندازه ناپیوستگی را بر اساس یک هدف تحتانی تخت، ساده می کند. با استفاده از یک ثبت کننده ناپیوستگی فراصوتی و منحنی فاصله-تقویت-اندازه مورد استفاده برای جستجو کننده تست، اندازه ناپیوستگی می تواند بدست آید [۵].

روش کالیبره نمودن دستگاه به روش فاصله-تقویت-اندازه به این شکل است که پژواک دریافتی از دیواره پشتی ضخامت قطعه (دو سطح موازی در قطعه کار) با استفاده از کنترل کننده تقویت دستگاه به ارتفاع معینی (به عنوان مثال ۰.۴۰٪ ارتفاع صفحه نمایش) در صفحه نمایش رسانده می شود. در مرحله بعدی مرجع دادن منحنی اندازه برای سوراخ تخت انتهایی است. از روی خط فاصله معادل با ضخامت قطعه و منحنی اندازه سوراخ، اختلاف دسی بل بین منحنی دیواره پشتی و منحنی اندازه در همان فاصله مشخص می شود. این اختلاف دسی بل به میزان دسی بل اولیه حاصل از رساندن پژواک به ارتفاع مرجع (۰.۴۰٪) با استفاده از کنترل تقویت اضافه می شود. سوراخ تخت



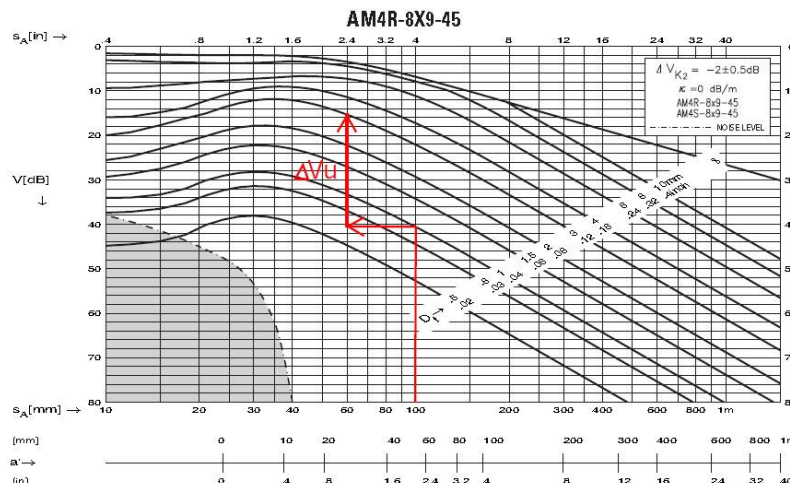
شکل ۱: نمایش محاسبه افزایش تقویت بر اساس منحنی فاصله-تقویت-اندازه برای جستجو کننده زاویه ای AM4R-8×9-45 شرکت المپوس [۸]

تقویت-اندازه کشیده می شود و تفاوت تقویت $\Delta V_{II} = V_{II}$ از ارتفاع مرجع در فاصله ای که ناپیوستگی وجود دارد مشخص می شود. اگر نقطه مشخص شده بالاتر از منحنی محدوده ثبت نشانه ها (بر اساس معیار پذیرش) باشد، تفاوت پژواک ΔH_{II} باید بر اساس میزان دسی بل ثبت شود [۶].

در طول اسکن بر روی قطعه کار، برای اندازه گیری ابعاد ناپیوستگیها بر اساس قطر معادل، بر روی ارتفاع هر پژواک دریافتی از نشانه ها مطابق زیر عمل می شود [۶]:

تقویت V_{II} که لازم است ارتفاع پژواک ناشی از ناپیوستگی به سطح مرجع رسانده شود ثبت می شود. یک خط افقی که نمایش دهنده ارتفاع مرجع است در منحنی فاصله-

¹ International Institute of Welding



شکل ۲: محاسبه قطر معادل با استفاده از منحنی فاصله-تقویت-اندازه برای جستجو کننده زاویه ای AM4R-8×9-45 شرکت المپوس [۸]

توانمندی دستگاه فراصوتی (Olympus EPOCH-XT) توانمندی دستگاه فراصوتی (Olympus EPOCH-XT) رسم شد.



شکل ۴: رسم منحنی فاصله-تقویت-اندازه با استفاده از دستگاه فراصوتی Olympus EPOCH-XT

برای مطابقت منحنی رسم شده با منعکس کننده واقعی، پژواکهای دریافتی از سوراخهای جانبی ۳ میلیمتری که در عمقهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلیمتری قرار داشتند با منحنی رسم شده مقایسه شد که نتایج آن در تصویر شماره ۵ قابل مشاهده است.

همانطور که از شکل ۵ قابل مشاهده است، مطابقت کاملی بین منحنی ایجاد شده توسط دستگاه آلتراسونیک و پژواکهای دریافتی از سوراخ جانبی ۳ میلیمتری وجود دارد. بدون تغییر کالیبراسیون دستگاه و تنظیمات حساسیت انجام شده برای سوراخ جانبی ۳ میلیمتری، پژواکهای دریافتی از سوراخهای جانبی ۱،۵ میلیمتری که در عمقهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلیمتری قرار داشتند، ثبت شد که نتایج آن در تصویر شماره ۶ و نتایج حاصل از آن در جدول شماره ۴ قابل مشاهده است.

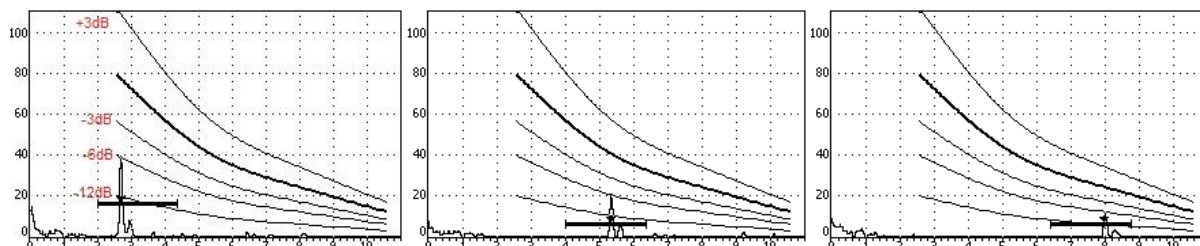
رابطه بین اختلاف تقویت در منحنی فاصله-تقویت-اندازه در فواصل مختلف به شکل فرمول زیر می باشد:

$$\Delta V \text{ (in dB)} = -20 \log_{10} \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \quad (2)$$

که در آن h_1 و h_2 ارتفاع واقعی بر روی صفحه نمایش بر اساس درصدی از کل ارتفاع صفحه نمایش هستند [۶]. مقایسه روش فاصله-دامنه-اصلاح با روش فاصله-تقویت-اندازه

برای مقایسه دو روش فاصله-دامنه-اصلاح و فاصله-تقویت-اندازه از جستجو کننده زاویه ای ۴۵ درجه شرکت المپوس AM4R-8×9-45 استفاده شد. برای رسم منحنی فاصله-دامنه-اصلاح، پژواک مرجع از سوراخ دیواره جانبی ۳ میلیمتری در عمق ۱۵ میلیمتری گرفته شد و ارتفاع آن به ۸۰٪ رسانده شد. بدون تغییر میزان تقویت، پژواکهای دریافتی از سوراخهای ۳ میلیمتری در عمقهای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ میلیمتری ثبت و منحنی فاصله-دامنه-اصلاح رسم شد. با استفاده از منحنی فاصله-دامنه-اصلاح رسم شده برای سوراخ ۳ میلیمتری، پژواکهای دریافتی از سوراخهای جانبی ۱،۵ میلیمتری که در عمقهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلیمتری قرار داده شده بودند ثبت شد که تصاویر دریافتی از آنها در شکل ۳ و نتایج حاصل از آن در جدول شماره ۱ قابل مشاهده است.

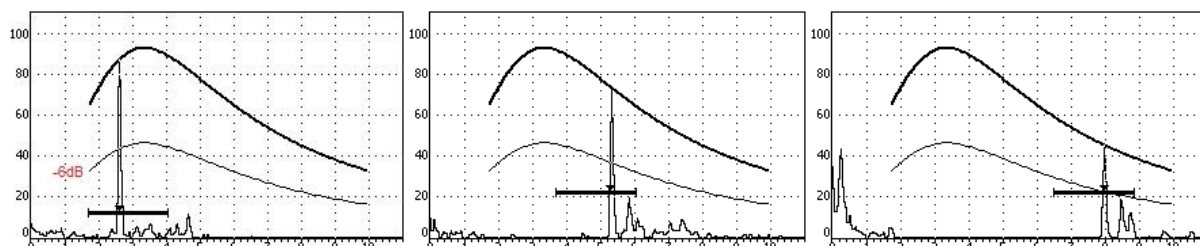
جهت مقایسه نتایج حاصل از روش فاصله-دامنه-اصلاح با روش فاصله-تقویت-اندازه، منحنی فاصله-تقویت-اندازه برای سوراخ جانبی ۳ میلیمتری با استفاده از امکانات و



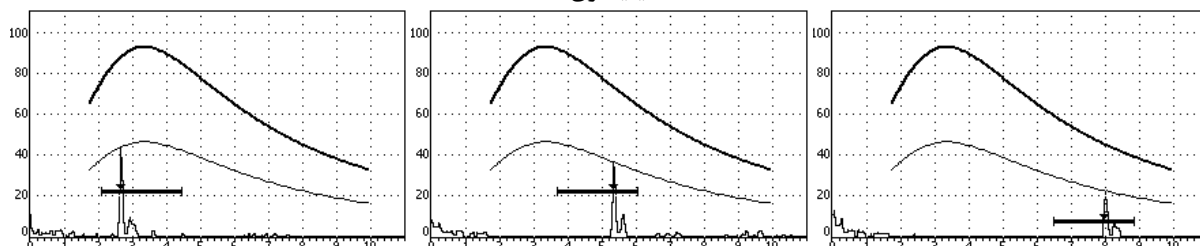
شکل ۳: پژواکهای دریافتی از سوراخهای جانبی ۱.۵ میلیمتری، سمت چپ سوراخ در عمق ۱۵، وسط عمق ۳۰ و سمت راست عمق ۴۵ میلیمتری

جدول ۱: نتایج حاصل از تحلیل پژواکهای دریافتی به روش فاصله-دامنه-اصلاح از سوراخهای ۱.۵ و ۳ میلیمتری

شماره سوراخ	ارتفاع پژواک ۳ سوراخ میلیمتری	ارتفاع تئوری پژواک سوراخ ۱.۵ میلیمتری	ارتفاع پژواک ۱.۵ سوراخ میلیمتری	میزان انحراف	میزان کاهش تئوری دسی بل	میزان کاهش واقعی دسی بل	میزان انحراف	عمق واقعی سوراخ ۱.۵ میلیمتری	عمق سوراخ آزمون فراصوتی	میزان انحراف
1	۸۰	۴۰	۳۹.۵	٪۱.۲۵	-۶	-۶.۱	٪۱.۶	۱۵	۱۵.۰۸	٪۰.۵
2	۴۱	۲۰.۵	۲۰.۲۵	٪۱.۲۲	-۶	-۶.۱	٪۱.۶	۳۰	۳۰.۰۴	٪۰.۱۳
3	۲۴	۱۲	۱۲	٪۰	-۶	-۶	۰	۴۵	۴۵.۰۶	٪۰.۱۳



شکل ۵: پژواکهای دریافتی از سوراخ جانبی ۳ میلیمتری، سمت چپ سوراخ در عمق ۱۵، وسط عمق ۳۰ و سمت راست عمق ۴۵ میلیمتری



شکل ۶: پژواکهای دریافتی از سوراخ جانبی ۱.۵ میلیمتری، سمت چپ سوراخ در عمق ۱۵، وسط عمق ۳۰ و سمت راست عمق ۴۵ میلیمتری

جدول ۲: نتایج حاصل از تحلیل پژواکهای دریافتی به روش فاصله-تقویت-اندازه از سوراخهای جانبی ۱.۵ و ۳ میلیمتری

شماره سوراخ	ارتفاع پژواک ۳ سوراخ میلیمتری	ارتفاع تئوری پژواک سوراخ ۱.۵ میلیمتری	ارتفاع پژواک ۱.۵ سوراخ میلیمتری	میزان انحراف	میزان کاهش تئوری دسی بل	میزان کاهش واقعی دسی بل	میزان انحراف	عمق واقعی سوراخ ۱.۵ میلیمتری	عمق سوراخ آزمون فراصوتی	میزان انحراف
۱	۸۷.۷۵	۴۳.۸۷	۴۳.۷۵	٪۰.۲۷	-۶	-۶.۰۵	٪۰.۸۳	۱۵	۲۹.۹۱	٪۰.۳
۲	۷۲	۳۶	۳۶	٪۰	-۶	-۶	٪۰	۳۰	۳۰.۰۹	٪۰.۳
۳	۴۶	۲۳	۲۳	٪۰	-۶	-۶	٪۰	۴۵	۴۵.۰۸	٪۰.۱۷

بر اساس نتایج حاصل از شکل ۶ و جدول ۲، پژواکهای دریافتی از سوراخ جانبی ۱،۵ میلیمتری به روش فاصله-تقویت-اندازه با منحنی کاهش یافته به نسبت ۶ د سی بل از منحنی رسم شده برای سوراخ جانبی ۳ میلیمتر مطابقت دارد.

مزایا و معایب هر یک از روشهای فاصله-دامنه-اصلاح و فاصله-تقویت-اندازه

مزایا و معایب هر یک از روشهای فاصله-دامنه-اصلاح و فاصله-تقویت-اندازه به شرح ذیل می باشد:

مزایای روش فاصله-دامنه-اصلاح:

- لازم نیست پژواک دریافتی از ناپیوستگی با پژواک دریافتی از بلوک مرجع مقایسه شود بلکه بطور مستقیم تحلیل بوسیله منحنی فاصله-دامنه-اصلاح انجام می شود [۳].

- بلوک مرجع بزرگ و سنگین لازم نیست به محل تست منتقل شود، منحنی فاصله-دامنه-اصلاح برای یک کاربرد خاص می تواند بر روی یک صفحه شفاف ایجاد و یا در حافظه دستگاه ذخیره شود و مورد استفاده قرار گیرد [۳].

- با ایجاد منحنی فاصله-دامنه-اصلاح با بلوکهای مرجعی مشابه قطعه کار، منحنی حاصله دارای تاثیرات قانون فاصله، تضعیف صوت، کاهش ناشی از صافی سطح است و لذا نیاز به محاسبه عوامل فوق نیست [۳].

معایب روش فاصله-دامنه-اصلاح:

- از آنجا که مشخصات ناپیوستگی شامل هندسه، جهت و صافی سطح در تحلیل نتایج تاثیر می گذارد، بنابر این نتیجه تحلیل نشانه ها دارای عدم قطعیت در اندازه ناپیوستگی هستند [۳].

- ساخت یا تامین بلوک مرجع مناسب [۲]. ایجاد منحنی های فاصله-دامنه-اصلاح گران است و همیشه روش ساده ای نیست بطوریکه تعداد زیادی نمونه با انحنای مناسب منعکس کننده مرجع که در عمقهای مختلف در نمونه قرار داده شده اند لازم است [۷].

- برای انجام هر تست لازم است منحنی فاصله-دامنه-اصلاح ثبت شود [۲].

مزایای روش فاصله-تقویت-اندازه:

- در فاصله-تقویت-اندازه نیاز به ساخت بلوک نیست [۲].

- لازم نیست پژواک دریافتی از ناپیوستگی با پژواک دریافتی از بلوک مرجع مقایسه شود بلکه بطور مستقیم

تحلیل بوسیله فاصله-تقویت-اندازه انجام می شود.

- با ایجاد منحنی فاصله-تقویت-اندازه با استفاده از دیواره

قطعه کار (در تست با جستجو کننده نرمال)، منحنی

حاصله دارای تاثیرات قانون فاصله، تضعیف صوت،

کاهش ناشی از صافی سطح است و لذا نیاز به محاسبه

عوامل فوق نیست.

معایب روش فاصله-تقویت-اندازه:

- از آنجا که مشخصات ناپیوستگی شامل هندسه، جهت و

صافی سطح در تحلیل نتایج تاثیر می گذارد، بنابر این

نتیجه تحلیل نشانه ها دارای عدم قطعیت در اندازه

ناپیوستگی هستند [۳].

- اندازه گیری و در نظر گرفتن اصلاح مختلف مجزا، برای

هر تست (در استفاده از جستجو کننده زاویه ای) لازم

است [۲].

نتیجه گیری

بر اساس نتایج از پژواکهای دریافتی از سوراخهای جانبی

۳ و ۱،۵ میلیمتری با استفاده از رسم منحنی های فاصله-

دامنه-اصلاح و فاصله-تقویت-اندازه، مشخص شد علی رغم

آنها روش محاسبه و رسم این منحنی ها متفاوت است اما

نتایج حاصل از اندازه گیری ناپیوستگی ها یکسان است و

اختلافی در نتایج حاصله وجود ندارد و در نتیجه هر دو

روش می تواند برای اندازه گیری نشانه ها استفاده شود.

روش فاصله-تقویت-اندازه برای اندازه گیری ناپیوستگی

هایی که دارای ابعادی کوچکتر از مساحت دسته پرتو

هستند کاربرد بیشتری دارد علی الخصوص که نیاز به

حساسیت بالا برای شناسایی و اندازه گیری ناپیوستگیهای

بسیار کوچک باشد (به عنوان مثال ناپیوستگی هایی با

قطر معادل ۰،۵ میلیمتر).

در روش فاصله-تقویت-اندازه نیاز به ساخت بلوکهای گران

و سنگین مرجع نیست و حساسیت دستگاه می تواند با

استفاده از منحنی هایی در حافظه دستگاه ثبت شده است

- Microprocessor Assisted Methods”, NDTnet - February 1996, Vol.1 No.02
3. Michael Berke, (2000). “Nondestructive Material Testing with Ultrasonics, Introduction to the Basic Principles” , Krautkramer (Welding World), NDT.net - September 2000, Vol. 5 No. 09
 4. Charles J. Hellier, (2003). “Handbook of Nondestructive Evaluation”, The McGraw-Hill Companies, 0-07-139947-X
 5. Gary L. Workman, Doron Kishoni, Patrick O. Moore, (2007). “Non-Destructive Testing Handbook, Volume 7, Ultrasonic Testing”, The American Society for Nondestructive Testing, Inc.1711 Arlingate Lane Columbus, OH 43228-0518
 6. DIN EN 583-2, (2001). “Non-Destructive Testing, Ultrasonic Examination, Part 2: Sensitivity and Range Setting”, CEN, European Committee for Standardization
 7. Hak-Joon Kim, Lester W. Schmerr Jr., and Alexander Sedov, (2004). “Transferring Distance Amplitude Correction Curves Using Ultrasonic Modeling”, AIP Conference Proceedings 700, 753 (2004); 10.1063/1.1711696
 8. Olympus AVG/DGS Diagrams, <http://www.olympus-ims.com/en/pdf-library/157-catId.268435497.html>

و یا منحنی هایی که هر سازنده جستجو کننده به همراه آن ارائه می نماید تنظیم شود. در استفاده از این منحنی ها باید دقت شود که هر یک از این منحنی ها برای یک نوع جستجو کننده که توسط سازنده آن ارائه شده است کاربرد دارد و از منحنی جستجو کننده سازنده دیگری نمی توان برای تنظیم حساسیت استفاده نمود.

برای انتخاب هر یک از این روشها برای انجام تست، ابتدا باید مشخص شود که آیا بلوک مرجعی که قابل مقایسه با قطعه کار است وجود دارد یا خیر. اگر وجود داشته باشد، تست می تواند به وسیله روش فاصله-دامنه-اصلاح (بلوک مرجع) انجام شود. اگر بلوک مرجع وجود نداشته باشد روش فاصله-تقویت-اندازه می تواند استفاده شود و یا اینکه باید بلوک مرجع مشابه قطعه کار ساخته شود.

تشکر و قدردانی

مقتضی است از مدیریت کیفیت تامین و تولید شرکت مهندسی شرکت مهندسی و ساخت توربین مپنا(توگا) که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند سپاسگزاری گردد.

منابع

1. ASM Handbook, Volume 17, (1998). “Nondestructive Evaluation and Quality Control”, ASM International Handbook Committee, TA459.M43 1978 669 78-14934
2. Dipl. Phys. Michael Berke, (1996). “Quick Flaw Evaluation in Ultrasonic Testing Using