نشریه صنعت لاستیک ایران
سال۲۷/شماره ۱۰۸/ زمستان۱۴۰۱

علمی- فنی

مروری بر تشخیص خودکار عیوب تایر با استفاده از تصاویر اشعه ایکس

A review of automatic tire defect detection using X-ray images

چکیده

امروزه باتوجه‌به بازار رقابتی فروش لاستیک، افزایش کیفیت انواع محصولات تولیدی هدف اصلی کارخانه‌های تایرسازی است، از طرفی کیفیت تایر با تضمین سلامت سرنشینان خودرو رابطه مستقیم دارد. تحقیق‌ها نشان داده است که عیوب تایر یکی از عوامل اصلی در تصادفات جاده‌ای است. به‌عبارت‌دیگر کیفیت تایر به ایمنی و سلامت انسان مرتبط می‌شود و دارای ضریب تأثیر زیادی می‌باشد. ازاین‌رو بازرسی تایر یک مسئله مهم و به‌روز برای محققان و تولیدکنندگان تایر در جهت افزایش ایمنی مشتریان می‌باشد. در حال حاضر در بیشتر کارخانه‌ها تولیدی تایر، مشخص کردن عیوب محصولات و جداسازی تولیدات معیوب از تولیدات سالم بیشتر توسط کارگران ماهر و آموزش‌دیده انجام می‌شود که این وضعیت علاوه بر اینکه به نیروی انسانی و زمان طولانی نیاز دارد، دارای بازدهی خوبی نیز نمی‌باشد؛ بنابراین با بازرسی تایر خودرو با پردازش تصاویر رادیوگرافی و آشکارسازی عیوب تایر و دسته‌بندی آنها به‌صورت خودکار، راندمان خط تولید افزایش‌یافته و کیفیت لاستیک‌های تولیدی بهبود می‌یابد. تست x-ray یکی از مهم‌ترین تست‌ها جهت آشکارسازی عیوبی است که توسط چشم انسان قابل‌تشخیص نیست. باتوجه‌به اینکه بررسی تصاویر x-ray توسط اپراتور فرایندی زمانگیر و هزینه بر است؛ لذا استفاده از بینایی ماشین و یادگیری ماشین امری مهم در این صنعت به شمار می‌رود. در این مطالعه به‌منظور تشخیص عیوب تایر در تصاویر x-ray بر اساس تکنیک‌های پردازش تصویر پرداخته شده است.

کلمات کلیدی:عیب‌یابی تایر، تصاویر اشعه ایکس، آشکارساز

نوع مقاله: مروری

ناصر پرهیزگار[۱]،لعیا مردانه شالقونی[۲*]، پارسا پرهیزگار[۳]

۱. دانشیار گروه مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

۲. دانشجوی دکتری،گروه مهندسی پلیمر، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

۳. دانشجوی ارشد مهندسی برق،گروه مهندسی برق، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

ایمیل نویسندگان و عهده‌دار مکاتبات: 1-layaa.mardanee@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۵

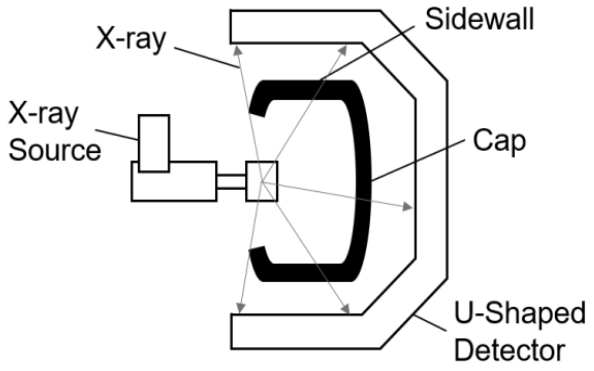
۱ - مقدمه:

تشخیص خودکار عیوب تایر به یک مسئله ضروری در صنعت تایر تبدیل شده است. از طرفی، بررسی ساختار داخلی تایر با تشخیص سطح، امری چالش برانگیز است. بنابراین بهتر است برای بررسی عیوب لاستیک از سنسور تصویر اشعه ایکس استفاده شود. در حال حاضر، تشخیص لاستیک های معیوب به درستی انجام نمی گیرد، زیرا کارخانه های تایر معمولاً با بررسی دستی تصاویر اشعه ایکس، بررسی را انجام می دهند. تشخیص این مسائل کیفی از طریق تشخیص سطح دشوار است. بنابراین، معمولاً از یک سنسور اشعه ایکس برای بازرسی ساختار داخلی تایر استفاده می شود. در صنعت تایر، این یک فرآیند حیاتی برای تشخیص لاستیک های معیوب از طریق تصاویر اشعه ایکس است[۱]. این روش می تواند به طور موثری از ورود تایرهای دارای مشکلات کیفی به بازار جلوگیری کرده و خطر مشکلات جاده را کاهش دهد[۲].

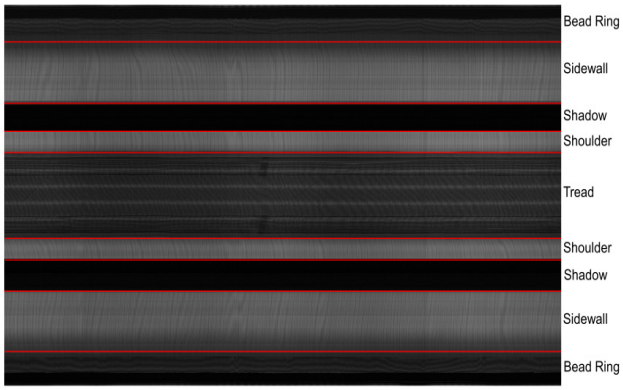
در طول تصویربرداری اشعه ایکس، یک تایر ابتدا به اتاق محافظ سربی منتقل می‌شود. سپس، دربسته می‌شود. در مرحله بعد، لاستیک روی یک مکانیسم انبساط تایر آویزان می‌شود که وظیفه نگه‌داشتن و چرخش لاستیک را به میزان ۳۶۰ درجه دارد. در همین حال، یک منبع اشعه ایکس به داخل لاستیک تابیده شده و اشعه ایکس ساطع می‌کند. یک آشکارساز U شکل، اشعه ایکس را دریافت می‌کند و تصویربرداری را انجام می‌دهد. در نهایت، تایر از اتاق محافظ سربی تحویل داده می‌شود و کل فرایند به پایان می‌رسد.

طرح تجهیزات تصویربرداری در شکل ۱ نشان‌داده‌شده است. شکل ۲ یک تصویر کامل بدون نقص اشعه ایکس است که به‌صورت افقی نمایش داده می‌شود.

یک تصویر اشعه ایکس را می‌توان به پنج ناحیه تقسیم کرد: حلقه مهره، دیواره کناری، سایه، شانه و آج. نواحی سیاه در شکل ۲ مناطق سایه در تصویربرداری هستند. در حین بازرسی می‌توان آنها را نادیده گرفت. در فرایند تولید، انواع مختلفی از عیوب ممکن است رخ دهد. عیوب معمول در تصاویر اشعه ایکس تایر در شکل ۳ آورده شده است.

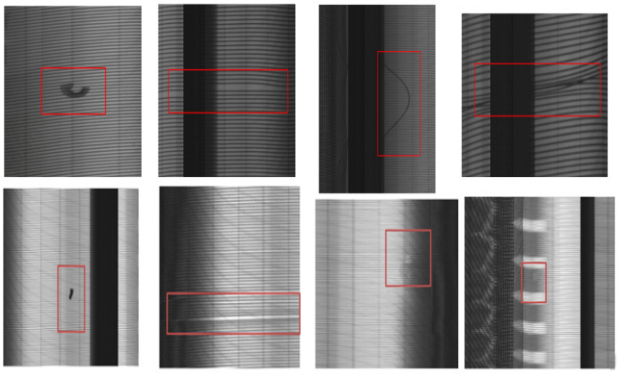


شکل ۱: نحوه عملکرد تجهیزات تصویربرداری



شکل ۲: یک تصویر کامل بدون نقص اشعه ایکس که به‌صورت افقی نمایش داده می‌شود که به پنج ناحیه تقسیم می‌شود: حلقه مهره، دیواره کناری، سایه، شانه و آج.

در حال حاضر، تشخیص عیوب محصولات کارخانه‌های تایر عمدتاً به کارگران باتجربه که با چشم غیر مسلح قضاوت می‌کنند، متکی است. برای مقابله با این مشکلات، در سال‌های اخیر، تشخیص خودکار عیوب به کانونی در این زمینه تبدیل شده است. روش‌های رایج تشخیص عیب برای محصولات صنعتی، ابتدا تصاویر را از طریق یکسان سازی هیستوگرام، فیلتر کردن، یا باینریزه کردن تصویر برای به



شکل ۳. عیوب معمول در تصاویر اشعه ایکس تایر.

دست آوردن اطلاعات جدا شده از پیش‌زمینه و پس‌زمینه، پیش پردازش می‌کنند. سپس، تشخیص نقص با استفاده از روش‌های یادگیری آماری انجام می‌شود[۳, ۴]. روش‌های رایج دامنه کاربرد محدودی دارند و برای برخی از عیوب با مقیاس کوچک و تداخل پس‌زمینه بزرگ بی‌اثر هستند. هنگامی که چشم انداز تغییر می‌کند، پارامترهای طراحی شده نیاز به تنظیم دارند. با توسعه الگوریتم‌های پردازش تصویر و بینایی کامپیوتری، راه‌حل‌های جدید بسیاری برای تشخیص عیب‌های صنعتی ارائه شده است[۵].

در صنعت تایر، تصاویر اشعه ایکس به‌دست‌آمده از دستگاه‌های اشعه ایکس را می‌توان برای بازرسی خودکار عیوب تایرها مورداستفاده قرارداد. فرایند بازرسی معمولاً شامل دو مرحله است: گرفتن تصویر و تشخیص نقص.

۱. اشعه ایکس

پرتو ایکس برای اولین‌بار در سال ۱۸۹۵ توسط فیزیک‌دانی آلمانی به نام ویلهلم رونتگن[1] موردمطالعه قرار گرفت. رونتگن متوجه تابش فلوئوروسنسی شد که در هنگام قرارگرفتن کریستال در معرض لامپ کاتدی ولتاژ بالا ایجاد می‌شد. این تابش حتی در زمانی که کریستال با استفاده از یک کاغذ پوشانده می‌شد نیز به وجود می‌آمد.

دلیل نام‌گذاری آن به ایکس نیز این امر است که در آن موقع این پرتو بسیار ناشناخته و غیرمعمول به نظر می‌رسید. دلیل این امر نیز آن است که رونتگن با قراردادن این پرتو در میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی شاهد عدم انحراف آن بود.

یکی از ویژگی‌های جالب این پرتو آن است که می‌تواند از اکثر مواد (به جز مواد سخت) عبور کند. به همین دلیل رونتگن توانست با استفاده از عبوردادن این پرتو از دست همسرش، تصویری از استخوان‌ها تهیه کند[۶].

۲. منابع پرتو ایکس و تأثیرات آن

پرتو ایکس را می‌توان با برخورد دادن پرتوهای پرانرژی الکترون با اتم‌هایی همچون مس یا گالیوم ایجاد کرد. در حقیقت با این تابش، الکترون‌های قرار گرفته در زیرلایه‌های اوربیتالی درونی همچون S، جابه‌جا شده و در مواردی از مدار خود خارج می‌شوند. این پدیده را می‌توان در مقیاس ماکروسکوپی مشابه با اثر فوتوالکتریک تحلیل کرد. با خارج‌شدن الکترون از مدارش، الکترون قرارگرفتن در زیرلایه اوربیتالی p، به‌منظور پایدارکردن اتم، جای آن را می‌گیرد. این انتقال از لایه پرانرژی‌تر p به s منجر به تولید پرتو ایکس می‌شود.

با استفاده از روش فوق پرتویی ایجاد می‌شود که متمرکز نبوده و در تمامی جهات منتشر می‌شود. در حقیقت تولید قدرتمند و متمرکز از پرتو ایکس کاری آسان نیست. روش دیگری که در مقیاس صنعتی از آن استفاده می‌شود، شتاب دادن ذراتی باردار همچون الکترون در سنکروترون است. در این روش ذرات باردار در مسیری دایره‌ای و بسته با سرعت بالا به حرکت در می‌آیند. طبق قوانین فیزیک حرکت شتابدار ذرات باردار الکتریکی منجر به تولید نور (موج الکترومغناطیس) می‌شود. نوع نور تولید شده وابسته به میدان الکتریکی و مغناطیسی است که به‌منظور شتاب دادن ذرات از آن استفاده می‌شود.

زمانی که در سنکروترون، سرعت ذرات به کسری از سرعت نور برسد، پرتوهایی قدرتمند با فرکانس بالا تولید می‌شوند

1.Wilhelm Conrad Röntgen

که همان پرتوهای متمرکز ایکس هستند. تابش ناشی از سنکروترون برای اولین‌بار در سال ۱۹۴۷ مشاهده شد.

۳. کاربردها

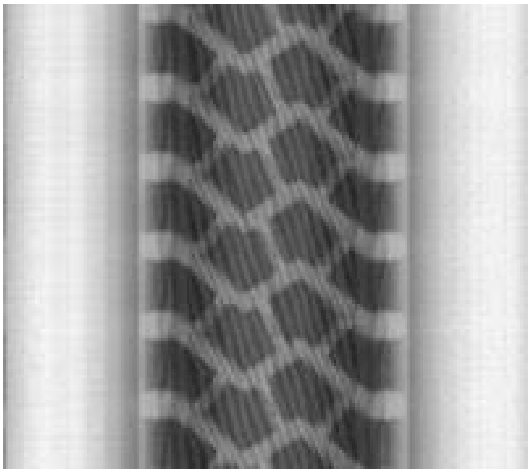
پرتو ایکس می‌تواند ماهیت مواد را تغییر دهد. ازاین‌رو جذب آن توسط سلول‌های موجودات زنده یا گیاهان امکان آسیب‌زدن به آن‌ها را ایجاد می‌کند. اما قدرت اشعه ایکس در عبور از بافت‌های نرم امکان عکس‌برداری از اندام‌های درونی را فراهم می‌کند. ازاین‌رو از اشعه ایکس معمولاً در پزشکی به‌منظور عکس‌برداری از اندام‌های درونی استفاده می‌شود. با استفاده از عکس‌های تهیه شده به‌وسیله پرتو ایکس، می‌توان محل دقیق شکستگی استخوان و میزان آن را نیز تعیین کرد.

در دندان‌پزشکی نیز با استفاده از پرتو ایکس می‌توان تصویری از محل دقیق پوسیدگی تهیه کرده که در درمان آن بسیار کمک‌کننده است. عکس‌برداری از اندام‌های درونی تحت عنوان رادیوگرافی و مشاهده مستقیم بدن با پرتوها نیز رادیوسکوپی نامیده می‌شود. رادیوگرافی با استفاده از باریکه‌ای از پرتو ایکس انجام می‌شود که از بدن عبور می‌کند. این باریکه از بافت‌های گوشتی به‌راحتی عبور می‌کند و عبور آن از بافت‌های استخوانی مشکل‌تر است. تنها کاربرد اشعه ایکس در پزشکی، عکس‌برداری نیست. در حقیقت به‌منظور ضدعفونی‌کردن ابزارآلات پزشکی نیز از این اشعه استفاده می‌شود. تأثیر این اشعه روی بافت‌های مختلف متفاوت است. ازاین‌رو می‌توان از آن در ازبین‌بردن بافت‌های سرطانی استفاده کرد. در حقیقت با تاباندن این اشعه روی بافت‌های سرطانی می‌توان با تخریب DNA سلول‌های سرطانی، آن‌ها را از بین برد. این روش، پرتودرمانی نام دارد و البته با عوارضی نیز همراه است.

علاوه بر پزشکی این پرتو در صنعت و حتی در نجوم نیز کاربرد بسیاری دارد. در حقیقت می‌توان نقاط ضعف، حفره‌ها و شکاف‌های ریز ایجاد شده در مواد ریخته‌گری را با استفاده از این اشعه شناسایی کرد. حتی در فرودگاه‌ها و محیط‌های امنیتی نیز می‌توان از این اشعه به‌منظور شناسایی اسلحه، مهمات و دیگر وسایل ممنوعه استفاده کرد[۶].

۴. کاربرد اشعه ایکس در تایر خودرو

بر اساس نوع لاستیک‌ها و همچنین الزامات سیستم‌های بازرسی، چندین طرح معمولی از سیستم‌های بازرسی اشعه ایکس وجود دارد. در بازرسی آج تایر و سیم بیرون‌زده، یک LDA اشعه ایکس با یک منبع اشعه ایکس استاندارد به‌عنوان معمولی‌ترین بازرسی اشعه ایکس استفاده می‌شود. این یک خط را در یک‌زمان (افقی) می‌گیرد و به‌منظور ایجاد جهت عمودی تصویر، نیاز به حرکت یا چرخش تایر دارد. برای لاستیک‌های بزرگ تجاری کامیون‌ها و اتوبوس‌ها، و همچنین برخی لاستیک‌های سواری و کامیون‌های سبک، به‌منظور ارائه بهترین راندمان تولید و کیفیت تصویر، LDA به‌گونه‌ای شکل می‌گیرد که کانتور یک تایر را از مهره‌ای به مهره‌ای به شکل U شکل می‌دهد.



شکل ۴: نمونه‌ای از تصویر تایر با استفاده از x-ray

۵. بهبود کیفیت تایر توسط آشکارسازهای دیجیتال اشعه ایکس جدید

آرایه‌های آشکارساز خطی اشعه ایکس (LDAs)[1] یک انتخاب ایده‌آل برای آزمایش‌های غیرمخرب داخلی و آفلاین (NDT)[2] در صنعت تایر بوده‌اند. آشکارسازهای دیجیتالی اشعه ایکس جدید به‌تازگی برای کنترل کیفیت تایرها توسعه‌یافته‌اند. این آشکارسازها مبتنی بر یک پلتفرم دیجیتال هوشمند جدید هستند که هدف آن بهبود کیفیت تصویر، افزایش حداکثر سرعت اسکن و صرفه‌جویی در هزینه کلی سیستم توسط طراحی الکترونیک و نرم‌افزار است. علاوه بر این، ارتقا سیستم‌عامل از راه دور، تشخیص و سایر ویژگی‌های پیشرفته را نیز ارائه می‌دهند. در ادامه اصول کار یک سیستم تصویربرداری صنعتی معمولی اشعه ایکس را در صنعت تایر بررسی می‌کنیم. در ادامه برای نشان‌دادن، نمونه‌هایی از کاربردها در سیستم‌های بازرسی لاستیک با اشعه ایکس برای انواع مختلف تایر ارائه شده است.

سیستم‌های بازرسی اشعه ایکس در کاربردهای صنعتی NDT در طول چندین دهه به کار گرفته شده‌اند. ادغام آخرین فناوری‌ها از منبع اشعه ایکس و LDA به کامپیوتر و نرم‌افزار بازرسی، استفاده از سیستم‌های بازرسی اشعه ایکس را آسان، ایمن و سریع کرده است [[۷]].

۶. مروری بر کاربردهای بازرسی اشعه ایکس تایر

بازرسی تایر در حال حاضر به یک موضوع مهم در صنعت تایر تبدیل شده است تا کیفیت و ایمنی تایر را بهبود بخشد. برای این منظور، تکنیک‌های NDT برای آزمایش یک ماده برای عیوب سطحی یا داخلی بدون تداخل استفاده شده است. به طور معمول، چندین فناوری موجود، از جمله بازرسی بصری، انتشار صوتی، و آزمایش اولتراسونیک استفاده می‌شود. برخی از این روش‌ها یا کاملاً محدود است یا فقط برای نوع خاصی از نقص مناسب است. از طرفی، اشعه ایکس بهترین فناوری برای تشخیص عیب لاستیک در نظر گرفته می‌شود و به طور گسترده در فرایندهای تولید استفاده می‌شود. در بررسی و تحقیقات انجام شده نیز ثابت شده است که اشعه ایکس مؤثرترین روش است.

اشعه ایکس به دلیل مزیت آن در ناپیوستگی‌های سطحی و داخلی و همچنین قابل‌تشخیص بودن تغییرات آن در ترکیب، مؤثرترین روش است. لازم به ذکر است که چندین تکنیک بازرسی در طول فرایند تولید تایر استفاده می‌شود و بررسی با اشعه ایکس به‌عنوان بررسی نهایی کیفیت تایر تمام شده در نظر گرفته می‌شود. نمونه‌ای از سیستم بازرسی تایر با اشعه ایکس دو ایستگاهی در شکل ۵ ارائه شده است.

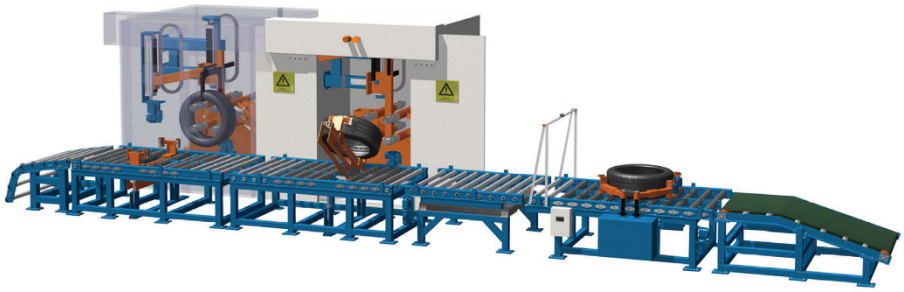
برای اطمینان از اینکه تمام لاستیک‌ها از نظر ساختاری سالم و قابل‌اعتماد هستند، از اشعه ایکس برای بازرسی قسمت‌های داخلی تایر از نظر هرگونه ناپیوستگی که ممکن است در طول استفاده اولیه رخ دهد، استفاده می‌شود.

امروزه لاستیک‌های بزرگ کامیون‌ها و اتوبوس‌های تجاری و همچنین برخی از لاستیک‌های سواری و کامیون‌های سبک در تولید خطی توسط دستگاه‌های X-ray بازرسی می‌شوند. بنابراین، بازرسی تایر با اشعه ایکس فقط برای بررسی نهایی یک تایر کاملاً جدید اعمال نمی‌شود [[۷]].

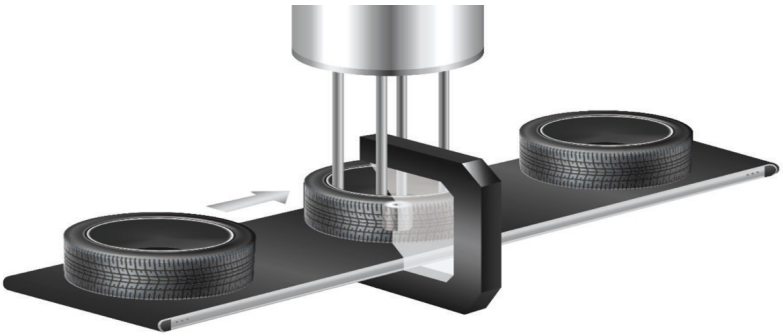
۷. اصول کار یک سیستم بازرسی لاستیک با اشعه ایکس معمولی

بر اساس نوع لاستیک‌ها و همچنین الزامات سیستم‌های بازرسی، چندین طرح معمولی از سیستم‌های بازرسی اشعه ایکس وجود دارد. در بازرسی آج لاستیک و سیم بیرون‌زده، یک LDA اشعه ایکس با یک منبع اشعه ایکس استاندارد به‌عنوان معمولی‌ترین بازرسی اشعه ایکس استفاده می‌شود. این یک خط را در یک‌زمان (افقی) می‌گیرد و به‌منظور ایجاد جهت عمودی تصویر، نیاز به حرکت یا چرخش تایر دارد.

1. X-ray linear detector arrays
2. offline nondestructive testing



شکل ۵: سیستم بازرسی لاستیک با اشعه ایکس.



شکل ۶: اصل عملکرد یک سیستم تصویربرداری معمولی

برای لاستیک‌های بزرگ تجاری کامیون‌ها و اتوبوس‌ها، و همچنین برخی لاستیک‌های سواری و کامیون‌های سبک، به‌منظور ارائه بهترین راندمان تولید و کیفیت تصویر، LDA به‌گونه‌ای شکل می‌گیرد که کانتور یک تایر را از مهره‌ای به مهره‌ای به شکل U شکل می‌دهد. آشکارساز با قراردادن یک منبع اشعه ایکس پانوراما در داخل تایر و چرخاندن لاستیک در هنگام بازرسی، می‌توان به‌سرعت یک تصویر کامل تایر را در یک گذر با آشکارساز U شکل جمع‌آوری کرد؛ بنابراین، امروزه در آزمایش تولید درون‌خطی اشعه ایکس، این یک کاربرد رایج است.

اصل عملکرد یک سیستم تصویربرداری معمولی با آشکارساز U شکل در شکل ۶ ارائه شده است.

برای لاستیک‌های آفرود بسیار بزرگ، یک آشکارساز خطی اشعه ایکس طولانی برای کاهش هزینه کلی سیستم استفاده می‌شود. سیستم‌های بازرسی اشعه ایکس لاستیک به سه یا پنج چرخش تایر نیاز دارند تا اطلاعات لازم برای تولید تصویر با حرکت آشکارساز خطی اشعه ایکس در امتداد کانتور یک تایر غول‌پیکر جمع‌آوری شود. سپس تصویر برای حداقل سه بخش برای تجزیه‌وتحلیل ایجاد می‌شود: دیواره جانبی بالایی، آج، و دیواره جانبی پایین.

۸. روند توسعه سیستم‌های بازرسی اشعه ایکس در صنعت تایر

به لطف تقاضاهای قوی تست تولید درون‌خطی، بازار صنعت تایر توسعه سیستم بازرسی لاستیک اشعه ایکس را نه‌تنها برای ارائه حداکثر دقت و قابلیت اطمینان، بلکه برای بهبود کارایی تولید، هدایت می‌کند. ازآنجایی‌که سیستم‌های بازرسی اشعه ایکس به‌طورکلی به‌صورت خطی کار می‌کنند، آنها بخشی از یک خط تولید بزرگ هستند که در آن هر دقیقه بیکاری هزینه دارد؛ بنابراین، هدف همیشه حفظ حداکثر زمان کار و همچنین کاهش زمان چرخه است. فرایند بازرسی کیفیت

سنتی بیشتر توسط بازرسی انسانی انجام می‌شود. این اغلب منجر به یک نتیجه بازرسی نادرست و شناسایی نشده به دلیل خستگی بصری می‌شود و نیز منجر به راندمان پایین با هزینه‌های نیروی کار بالا می‌شود. تولیدکنندگان لاستیک امروزی تایرهایی تولید می‌کنند که پیچیده هستند و برای تأیید کیفیت کلی محصول نهایی نیاز به آزمایش پیچیده دارند. در نتیجه، تکنیک تشخیص نقص خودکار مبتنی بر بینایی کامپیوتری (ADR) نیز به ابزاری مهم و کارآمد برای بهبود کیفیت محصولات و افزایش کارایی تولید تبدیل شده است[۷].

۹. آشکارسازهای جدید اشعه ایکس برای بازرسی تایر

الزامات آشکارسازهای اشعه ایکس را می‌توان به‌راحتی بر اساس روند توسعه سیستم‌های بازرسی اشعه ایکس بازرسی تایر خلاصه کرد. این موارد به شرح زیر است:

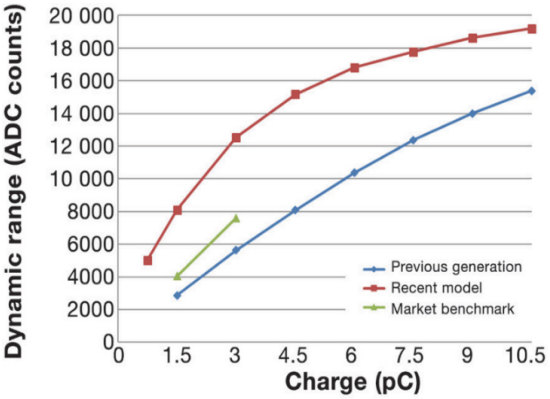
- آسان برای نگهداری
- توان و سرعت فوق‌العاده بالا برای بهبود راندمان تولید
- کیفیت تصویربرداری با اشعه ایکس برتر برای ADR
- قابلیت اطمینان برای دما و رطوبت بالا، و استحکام برای سروصدای خارجی
- طراحی انعطاف‌پذیر برای پشتیبانی از اندازه‌های مختلف لاستیک
- پشتیبانی از سیستم چند نمایش برای سیستم بازرسی دو ایستگاه

اخیراً نیز یک خانواده محصول از LDAهای اشعه ایکس U شکل ساخته شده است و مخصوصاً برای بازرسی لاستیک دیجیتال با سرعت بالا با استفاده از منابع پرتو ایکس پانوراما بهینه شده است.

شکل۷: سری اخیر محصولات آرایه آشکارساز خطی اشعه ایکس[۷]

سری استاندارد برای بازرسی کیفی انواع مختلف تایرها، از تایرهای خودروهای سواری و کامیون گرفته تا لاستیک‌های آفرود، مناسب است. این سری با طول‌های فعال از ۱۳۸۲ تا ۳۳۷۹ میلی‌متر (۵۴,۴۱ تا ۱۳۳ اینچ) اندازه مهره‌های لاستیک ۳۰,۴۸ تا ۸۸,۹ سانتی‌متر (۱۲ از ۳۵ اینچ) را پوشش می‌دهد[۷].

به لطف جدیدترین طرح‌های مدارهای مجتمع بسیار کم نویز، جلویی، مدارهای مجتمع ویژه‌برنامه و همچنین پلتفرم‌های بازخوانی دیجیتال، نه‌تنها نویز را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد، بلکه بالاترین سطح حساسیت را با افزایش pC ۰,۷۵ فراهم می‌کند.



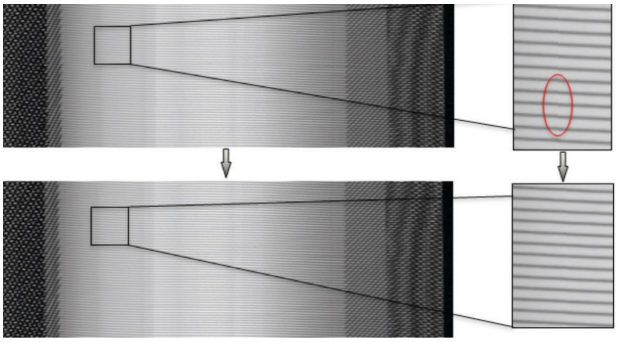
شکل۸: مقایسه محدوده دینامیکی. ADC = مبدل آنالوگ به دیجیتال

بنابراین، درحالی‌که نیاز به‌سرعت اسکن بالا را برآورده می‌کند، این سری می‌تواند کیفیت تصویر را برای برآورده‌کردن

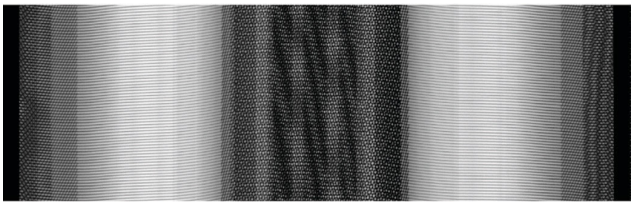
سخت‌ترین الزامات کیفیت ارائه دهد.

شکل ۹ نمونه‌ای از بهبود کیفیت تصویر را با مقایسه تفاوت زمانی که تصحیح ناپیوستگی پیکسل پیشرفته روی آشکارساز U شکل گام ۰٫۴ میلی‌متر (۰٫۰۲ اینچ) اعمال می‌شود، نشان می‌دهد.

به‌منظور بهینه‌سازی بیشتر کیفیت تصویر، یک کتابخانه نرم‌افزار ارتقا برای انواع مختلف تایر پشتیبانی می‌کند.



شکل ۹. نمونه‌ای از اسکن اشعه ایکس تایر با وضوح‌بالا بدون و با اصلاح ناپیوستگی پیکسل.



شکل ۱۰. نمونه‌ای از تصویر اشعه ایکس تایر با آشکارساز U شکل ۰٫۴ میلی‌متری (۰٫۰۲ اینچ)

عملکردهای نرم‌افزار جدید، از جمله کالیبراسیون غیرخطی پیشرفته، تصحیح پیکسل مرده، روش عیب‌یابی خودکار، و پشتیبانی از چند آشکارساز نیز برای بازرسی تایر مناسب هستند.

نمونه‌ای از تصویر تایر اشعه ایکس با آشکارساز U شکل ۰٫۴ میلی‌متری (۰٫۰۲ اینچ) در شکل ۱۰ ارائه شده است[۷].

۱۰. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

دستگاه‌های ایکس ری (X-ray) تایر، جهت بازرسی تایرها در خط تولید مورداستفاده قرار می‌گیرند. این دستگاه‌ها وجود هرگونه نقص در تایر را تشخیص می‌دهند. در بسیاری از خطوط تولید این بازرسی‌ها توسط نیروی انسانی صورت می‌پذیرند که البته بسیاری از نقص‌ها از دید انسان پنهان می‌مانند. باتوجه‌به اهمیت بررسی تایرهای تولید شده، اقدام به تولید دستگاه بازرسی اشعه ایکس با قابلیت تشخیص اتوماتیک وجود نقص در تایر شده است. بخش قابل‌توجهی از دستگاه‌ها اختصاصاً جهت چک و کنترل محصول توسط اشعه ایکس طراحی شده‌اند. عمده نقص‌هایی که توسط دستگاه بازرسی اشعه ایکس تایر قابل‌تشخیص هستند عبارت‌اند از: عدم تراکم مناسب سیم‌ها، شکستگی سیم‌ها، وجود ناخالصی، وجود حباب در لاستیک، انحراف ساختاری و غیره. برای مقابله با این مشکلات، در سال‌های اخیر، تشخیص خودکار عیوب به کانونی در این زمینه تبدیل شده است.

روش‌های مرسوم تشخیص عیب برای محصولات صنعتی، ابتدا تصاویر را از طریق یکسان‌سازی هیستوگرام، فیلترکردن، یا باینری زه کردن تصویر برای به‌دست‌آوردن اطلاعات جدا شده از پیش‌زمینه و پس‌زمینه، پیش‌پردازش می‌کنند. سپس، تشخیص نقص با استفاده از روش‌های یادگیری آماری انجام می‌شود. روش‌های مرسوم دامنه کاربرد محدودی دارند و برای برخی از عیوب با مقیاس کوچک و تداخل پس‌زمینه بزرگ بی‌اثر هستند. با توسعه الگوریتم‌های پردازش تصویر و بینایی کامپیوتری، راه‌حل‌های جدید بسیاری برای تشخیص عیب‌های صنعتی ارائه شده است. در صنعت تایر، تصاویر اشعه ایکس به‌دست‌آمده از دستگاه‌های اشعه ایکس را می‌توان برای بازرسی خودکار عیوب تایرها مورداستفاده قرارداد. فرایند بازرسی معمولاً شامل دو مرحله است: گرفتن تصویر و

تشخیص نقص. روش گرفتن تصویر عمدتاً مسئول ثبت تصویر دیجیتال نمونه‌های بدون نقص و معیوب است. روش تشخیص نقص برای ارائه مستقیم نتایج تشخیص انجام می‌شود.

این مطالعه به کاربردهای بازرسی تایر با اشعه ایکس و اینکه چگونه آشکارسازهای دیجیتال جدید اشعه ایکس در صنعت تایر برای راندمان تولید بالا و عملکرد تصویر عالی، الزامات را برآورده می‌کنند، پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که با همکاری چند تولیدکننده سیستم بازرسی تایر با اشعه ایکس، به پیشرفت‌های مورد انتظار رسیده است.

سپاسگزاری IRM

منابع

1. Xia, F.F., X-ray Tire Defects Automatic Detection System Master dissertation of Tianjin University, 2008.

2. Zhao, G.Q., S., High-precision detection of defects of tire texture through X-ray imaging based on local inverse difference moment features. Sensors 2018. 18.

3. Chu, M.G., R.; Gao, S.; Zhao, J., Steel surface defects recognition based on multi-type statistical features and enhanced twin support vector machine. 2017. 171: p. 140-150.

4. Wang, J.L., Q.; Gan, J.; Yu, H.; Yang, X. Surface defect detection via entity sparsity pursuit with intrinsic priors. IEEE Trans, 2019. 16: p. 141–150.

5. Liu, G.Y., N.; Guo, L.; Guo, S.; Chen, Z, A one-stage approach for surface anomaly detection with background suppression strategies. Sensors, 2020. 20.

6. René E. Van Grieken, A.A.M., Handbook of X-Ray Spectrometry. 2001.

7. Wang, b.F., Enhanced Tire Quality Controls by Novel X-ray Digital Detectors. From NDT Technician Newsletter, Vol. 16, No. 1, pp: 8-11, 2017: p. 8-11.

IRM