

فناوری ساخت میکرومتر اپتیکی دیجیتال بر پایه استفاده از فناوری‌های پیشرفته

■ عاطفه عجمی⁺*

عضو هیات علمی جهاد دانشگاهی واحد صنعتی شریف
و کارشناس قطب علمی اندازه گیری دقیق ابعادی
پژوهشکده توسعه تکنولوژی

■ ملیحه رنجبران^۱

کارشناس مرکز اپتیک جهاد دانشگاهی واحد صنعتی
شریف

■ محسن بنجخی^۲

کارشناس مرکز اپتیک جهاد دانشگاهی واحد صنعتی
شریف

چکیده

با پیشرفت فناوری نیاز انسان به اندازه‌گیری‌های دقیق ابعادی گسترش یافته است به نحوی که امروزه اندازه‌گیری دقیق ابعاد قطعات یکی از بخش‌های مهم در فرآیند تولید، ساخت و کنترل کیفیت محصولات بشمار می‌رود. می‌توان گفت که در صنایع امروز، سیستم‌های اندازه‌گیری صنعتی بخشی از سامانه‌های هوشمند کنترل هستند که با دقت بالایی پارامترهای تعیین شده را اندازه‌گیری و مانیتور می‌کنند. در بین روش‌های اندازه‌گیری، روش‌های اندازه‌گیری تماسی مانند استفاده از کولیس و میکرومتر، روش‌هایی زمان‌بر و گاهی مخرب بوده و امکان استفاده از آنها در خط تولید قطعات وجود ندارد. در این مقاله، فناوری ساخت میکرومتر اپتیکی دیجیتال به عنوان یک روش غیرتماسی و غیرمخرب به منظور اندازه‌گیری دقیق و بلادرنگ در سیستم‌های اتوماسیون صنعتی مورد بررسی قرار گرفته است.

در این مقاله، با تغییر المان‌های مورد استفاده در سیستم‌های اپتیکی رایج، از جمله جایگزینی لیزر با LED، تغییر سیستم اپتیکی فرستنده و گیرنده نور، استفاده از آشکارسازهای ماتریسی و استفاده از روش‌های مناسب پردازش سیگنال، گامی در جهت رفع معایب سیستم‌های لیزری برداشته شده است. در این مقاله، فناوری ساخت میکرومتر دیجیتال بر پایه استفاده از فناوری‌های پیشرفته معرفی شده است. این میکرومتر اپتیکی دیجیتال که برای اولین بار در ایران ساخته شده، قابلیت اندازه‌گیری ابعاد اجسام را با دقت ± 4 میکرومتر دارد. همچنین با توجه به قابلیت اندازه‌گیری بلادرنگ ابعاد قطعات و ارسال سیگنال بازخورد می‌تواند به منظور کنترل خط تولید مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر آن، قابلیت نمایش مقطع جسم در حال اندازه‌گیری و همچنین قابلیت ذخیره‌سازی اندازه‌گیری‌ها نیز وجود دارد.

واژگان کلیدی: ابزار دقیق اندازه‌گیری، فناوری ساخت، روش‌های اپتیکی، میکرومتر اپتیکی.

* عهده دار مکاتبات

+ شماره نامبر: ۰۲۱-۶۶۰۱۲۴۹۷ و آدرس پست الکترونیکی: Ajami@jds Sharif.ac.ir

۱ شماره نامبر: ۰۲۱-۶۶۰۱۲۴۹۷ و آدرس پست الکترونیکی: Ranjbaran@jds Sharif.ac.ir

۲ شماره نامبر: ۰۲۱-۶۶۰۱۲۴۹۷ و آدرس پست الکترونیکی: M_bonjakhi@jds Sharif.ac.ir

۱- مقدمه

یکی از مباحث مطرح در اندازه‌گیری، اندازه‌گیری ابعادی است. اندازه‌گیری ابعاد می‌تواند به روش‌های مختلفی صورت پذیرد که در یک تقسیم‌بندی کلی شامل روش‌های تماسی و غیرتماسی است. روش‌های تماسی مانند استفاده از کولیس و میکرومتر، رایج‌ترین روش برای اندازه‌گیری ابعاد قطعات محسوب می‌شوند.

میکرومترها که از دقیق‌ترین ابزار اندازه‌گیری ابعاد بشمار می‌روند، اولین بار توسط ویلیام گسکوین^۶ ابداع شده و در سال‌های بعد توسط ژان پالمر به شکل آنچه امروزه به عنوان میکرومتر شناخته می‌شود، درآمدند. دقت این دستگاه به مراتب بیشتر از دقت کولیس است؛ لذا برای اندازه‌گیری قطعاتی که باید با دقت زیادی ساخته شوند، بکار برده می‌شود. میکرومترها مانند کولیس از نظر سیستم اندازه‌گیری بر دو نوع هستند که آنها را میکرومترهای اینچی و میکرومترهای میلیمتری می‌نامند.

امروزه به منظور کاهش ضایعات، افزایش بهره‌وری در واحدهای تولیدی و خدماتی، جلب رضایت مشتری و افزایش صادرات لازم است تا برای اخذ تصمیمات مختلف، از سیستم‌های اندازه‌گیری به عنوان ابزار دقیق در طول فرایند تولید استفاده نمود. به عبارت بهتر، اندازه‌گیری دقیق ابعاد قطعات، یکی از بخش‌های مهم در فرآیند تولید، ساخت و کنترل کیفیت بشمار می‌رود. در این رابطه، بررسی وضعیت قطعه یا محصول از نظر مشخصات طراحی شامل ابعاد، تolerانس و ویژگی‌های سطحی یکی از اصول تولید است.

دقت اندازه‌گیری در روش‌های تماسی به مهارت آزمایشگر در تخمین‌زنی، مکانیزم عمل اندازه‌گیری، حد تفکیک وسیله اندازه‌گیری، حد تفکیک چشم و ... بستگی دارد. بنابراین، صحت تمامی اندازه‌گیری‌ها، به دلیل عدم دقت (تکرار پذیری آزمایش) و خطای ناشی از ماهیت وسیله اندازه‌گیری و جسم مورد اندازه‌گیری محدود می‌شود. لذا می‌توان گفت روش‌های تماسی که علاوه بر کند و زمان‌بر بودن، با خطای انسانی همراه بوده و گاهی اوقات مخرب نیز هستند، امکان استفاده در خط تولید را برای اندازه‌گیری بلادرنگ و دقیق ابعاد قطعات فراهم نمی‌آورند.

همانطور که گفته شد، در اندازه‌گیری و کنترل قطعات صنعتی مواردی وجود دارد که مستقیماً و توسط روش‌های اندازه‌گیری تماسی، نمی‌توان اندازه مورد نظر را کنترل نمود و اصولاً اندازه‌گیری در حالت عادی مقدور نیست. بکارگیری

شاید به جرات بتوان گفت که سنجش و اندازه‌گیری از آغاز خلقت، مورد توجه انسان بوده است. از حدود ۷۰۰۰ سال پیش بشر از مقادیر شناخته شده‌ای همچون طول اعضاء بدن به منظور اندازه‌گیری در مبادلات تجاری خود استفاده می‌کرده است. مجموعه عملیاتی که به منظور تعیین مقدار یک کمیت انجام می‌شود را اندازه‌گیری می‌نامند. به عبارت بهتر، اطلاعات انسان در مورد یک شیء زمانی کافی و رضایت بخش خواهد بود که قابل اندازه‌گیری باشد.

در حدود ۳۰۰ سال قبل، اساس تئوری اندازه‌گیری با ورنیه توسط پیرورنیر^۳ ریاضیدان فرانسوی کشف شد. این تئوری بر پایه مقایسه یک کمیت مجهول با مقداری از نوع خود که به عنوان واحد انتخاب می‌شود، قرار دارد. به عبارت بهتر، اگر دو طول برابر به قسمت‌های مساوی تقسیم شوند و در مجاورت و انطباق با یکدیگر قرار گیرند، تمام خطوط تقسیمات در امتداد همدیگر قرار خواهند گرفت. اما چنانچه تقسیمات با هم برابر نباشند، خطوط در امتداد یکدیگر واقع نخواهند شد. اساس تئوری اندازه‌گیری با کولیس نیز بر مبنای این منطق استوار است.

وسيله‌ای که توسط آن کمیت مجهول و نمونه اصلی (واحد اندازه‌گیری) مقایسه می‌شوند را وسیله اندازه‌گیری می‌نامند. نتیجه اندازه‌گیری توسط یک عدد مشخص می‌شود که آن عدد نسبت کمیت مجهول به واحد اندازه‌گیری است. اندازه‌گیری دارای واحد، علائم و الفاظ خاصی است که به کمک آنها پدیده‌های فیزیکی را می‌توان به صورت کمی و کیفی تشریح نمود.

به طور کلی می‌توان گفت پیشرفت فناوری به توانایی انسان در اندازه‌گیری بستگی دارد. زیرا بی‌عیب بودن محصولات را کیفیت تجهیزاتی که برای ساخت و اندازه‌گیری ویژگی‌های آنها به کار می‌رود، تعیین می‌نماید. چنانچه تجهیزاتی که به منظور ساخت و اندازه‌گیری ویژگی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، دارای عدم صحت، عدم پایداری و آسیب دیدگی بوده یا به هر طریقی معیوب باشند، محصول دارای ویژگی‌های لازم نخواهد بود. در واقع با پیشرفت فناوری، احتیاج به اندازه‌گیری دقیق‌تر و پیشرفته‌تر احساس می‌شود. بنابراین، اندازه‌گیری باید دارای صحت^۴، دقت^۵ و درستی^۶ باشد.

3 Pierre Vernier

۴ نزدیکی توافق بین مقدار کمیت اندازه‌گیری شده و مقدار کمیت واقعی از یک اندازه ده (accuracy).

۵ نزدیکی توافق بین نشاندهی‌ها یا مقادیر کمیت اندازه‌گیری شده حاصل تکرار اندازه‌گیری‌ها روی همان نمونه یا مشابه آن تحت شرایط مشخص

(precision).

۶ نزدیکی توافق بین میانگین حاصل از تعداد نامتناهی از مقادیر کمیت اندازه‌گیری شده تکراری و مقدار کمیت مرجع (trueness).

7 William Gascoigne

۲- کاربردهای میکرومتر اپتیکی دیجیتال به عنوان یک فناوری جدید

با توجه به نوع کاربرد میکرومتر اپتیکی دیجیتال، در این بخش تعدادی از موارد مهم استفاده از این دستگاه در صنعت مورد ارزیابی قرار گرفته است.

به طور کلی می‌توان گفت که میکرومتر اپتیکی دیجیتال در سیستم‌های تولیدی، در سه مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- ۱- ساخت؛
- ۲- کنترل کیفیت و تست ابعادی؛
- ۳- استفاده از اطلاعات خروجی به عنوان شاخص‌های تصمیم‌گیری مدیریت در طراحی، ساخت و کنترل کیفیت.

نمونه‌هایی از کاربرد این دستگاه عبارتند از:

- اندازه‌گیری موقعیت سیم جوش کاری به منظور تعیین مکان دقیق نقطه جوش با دقت بالا (شکل شماره ۱)؛
- اندازه‌گیری ابعاد خارجی شفت میل‌لنگ (شکل شماره ۲)؛
- اندازه‌گیری ضخامت ورق‌ها جهت کنترل یکنواختی ورق تولیدی در خط تولید با استفاده از اندازه‌گیری فاصله بین غلطک‌های اطراف ورق (شکل شماره ۳)؛ در این روش با اندازه‌گیری فاصله بین غلطک‌ها، ضخامت ورق اندازه‌گیری و کنترل شده و با بازخوردی که به سیستم داده می‌شود، مقدار خطا تصحیح می‌گردد. علاوه بر آن تصحیح اختلاف ضخامت در دو سمت ورق نیز امکان‌پذیر خواهد بود؛
- اندازه‌گیری اجسام با قطر بزرگ مانند اندازه‌گیری ابعاد خارجی لوله‌های فلزی و یا اندازه‌گیری ورقه‌های پهن (شکل شماره ۴)؛ در این روش با استفاده از دو میکرومتر به طور همزمان، اندازه‌گیری انجام می‌شود. از امتیازات این روش عدم نیاز به محاسبات پیچیده و یا تنظیمات خاص است؛
- اندازه‌گیری همزمان دو پارامتر مربوط به یک جسم؛ به عنوان مثال اندازه‌گیری قطر خارجی و گریز از مرکز (لنگی) غلتک کپی؛

- کنترل کیفیت قطعات الکترونیکی؛ به عنوان مثال ابعاد و فواصل پایه‌های IC در خط تولید این قطعه؛

- اندازه‌گیری اجسام شفاف؛ به عنوان مثال اندازه‌گیری پهنای لبه‌های صفحه شیشه‌ای (شکل شماره ۵)؛

- اندازه‌گیری پیوسته قطعات با طول بلند و نمایش گراف تغییرات اندازه‌گیری؛ به عنوان مثال، با اندازه‌گیری قطر خارجی فیبرها به طور پیوسته ضمن نمایش مقادیر عددی، گراف مقادیر اندازه‌گیری شده به صورت یک جبهه موج قابل نمایش خواهد بود.

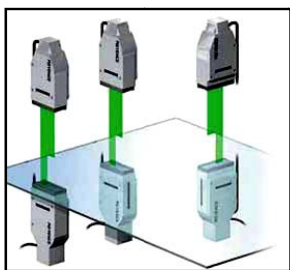
اتوماسیون در صنعت توانسته است بسیاری از مشکلات تولید و ساخت را از میان برده و بنگاه‌ها را در ارائه تولیدات با کیفیت بهتر و ایجاد ارزش افزوده یاری نماید. سیستم‌های اندازه‌گیری صنعتی که از روش‌های غیرتماسی بهره می‌گیرند، بخشی از سامانه‌های هوشمند کنترل هستند که با دقت بالایی پارامترهای تعیین شده را به صورت پیوسته اندازه‌گیری و پایش می‌کنند. این امر موجب بهینه‌سازی فرایند کنترل کیفیت شده و همچنین ارتقای دقت محصول نهایی را به همراه دارد.

قابل ذکر است که در روش‌های غیرتماسی، ابزار اندازه‌گیری با قطعه تماس فیزیکی نداشته و در نتیجه غیر مخرب است [۱] و [۲]. در این روش‌ها امکان اندازه‌گیری دقیق، سریع و همزمان مجموعه‌ای از قطعات وجود دارد.

یکی از دقیق‌ترین روش‌های اندازه‌گیری غیرتماسی، روش‌های اپتیکی است. این دستگاه‌ها توانایی اندازه‌گیری در حد میکرون را بدون تماس مستقیم فراهم می‌نمایند.

از دیگر مزایای روش‌های اپتیکی، سرعت پاسخ بسیار بالای آنها است. زمان اندازه‌گیری در روش‌های اپتیکی بسیار کوتاه بوده و بسته به شرایط می‌تواند در کسری از ثانیه انجام پذیرد. در صورت استفاده از این روش در خط تولید، ابعاد قطعات با دقت بالا و به صورت پیوسته و بلادرنگ اندازه‌گیری می‌شود. در این روش پس از پردازش داده‌ها به صورت همزمان خطای ایجاد شده در ابعاد تعیین می‌شود. در نهایت، با استفاده از سیستم‌های کنترلی خط تولید، بدون توقف خط تولید، می‌توان این میزان خطا را تصحیح نمود. این در حالی است که زیاد بودن فاصله بین ابزار اندازه‌گیری و جسم آزمون، امکان اندازه‌گیری اجسام در دماهای بسیار بالا و شرایط سخت کاری را نیز امکان‌پذیر می‌سازد.

در این مقاله، فناوری ساخت میکرومتر اپتیکی دیجیتال بر پایه استفاده از فناوری‌های نوین و پیشرفته اپتیکی، مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه بر آن، پارامترهایی که در ساخت این سیستم بکار رفته بررسی خواهد شد. این دستگاه می‌تواند ضخامت، ابعاد و تنش را در قطعات مختلف اندازه‌گیری نموده و نسبت به دستگاه‌های اندازه‌گیری اپتیکی دیگر، با سرعت و تکرارپذیری بیشتری کیفیت قطعات ساخته شده را کنترل نماید. با توجه به اینکه هر یک از این صنایع متناسب با تولیدات خود، پارامتر خاصی از محصول را بررسی می‌کنند، این دستگاه قابلیت استفاده در خط تولید بسیاری از صنایع و قطعات را خواهد داشت. در این راستا، ضمن بیان کاربردهای دستگاه در صنعت، نمونه‌هایی از این کاربردها همراه با دقت‌های اندازه‌گیری موردنیاز در صنایع ایران آورده شده است.

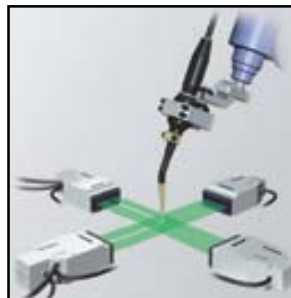


شکل ۵: اندازه گیری اجسام شفاف



شکل ۶: اندازه گیری در حین انتقال و جابجایی

- اندازه‌گیری محصول در حین انتقال و جابجایی، بدون تماس و آسیب به جسم (شکل شماره ۶)؛
- اندازه‌گیری در خط تولید و کنترل کیفیت محصول به صورت بلادرنگ.



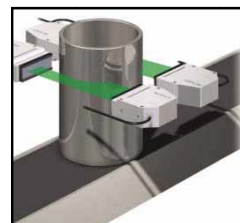
شکل ۱: اندازه گیری موقعیت سیم جوشکاری



شکل ۲: اندازه گیری ابعاد خارجی شفت میل لنگ



شکل ۳: اندازه‌گیری ضخامت ورق در خط تولید



شکل ۴: اندازه گیری اجسام با قطر بزرگ دارند.

۳- نمونه‌هایی از قابلیت فناوری میکرومتر اپتیکی دیجیتال در صنایع ایران

به منظور تولید محصولات مطابق با استانداردهای جهانی، در بسیاری از صنایع لازم است از سیستم‌هایی که قابلیت اندازه‌گیری با دقت‌های بالا را دارد، استفاده شود. در این راستا ضمن بررسی کاربرد این دستگاه در کشور، دقت‌های مورد نیاز در این صنایع شناسایی شده است.

به طور کلی بسیاری از شرکت‌های تولیدی در قطعات تولیدی خود به این سیستم و دقت اندازه‌گیری آن نیاز دارند. این شرکت‌ها در زمینه‌های مختلفی فعالیت می‌کنند که نقطه مشترک آنها نیاز به اندازه‌گیری با دقت صدم و دهم میلیمتری و اندازه‌گیری بلادرنگ و تصحیح بلافاصله خطا برای کاهش ضایعات و کسب استانداردهای جهانی برای محصول تولیدی خود هستند. علاوه بر این، به دلیل اینکه این سیستم یک ابزار غیرتماسی است می‌تواند در اندازه‌گیری قطعات با دمای بالا و از فاصله دور بکار رود که این توانایی بر دامنه کاربردهای آن می‌افزاید. در این بخش به معرفی چند شرکت پرداخته شده است.

- شرکت فولاد مبارکه سپاهان:

این شرکت تولیدکننده ورق‌های نازک قلع اندود، گالوانیزه، ورق گرم و ... با دقت صدم میلیمتر (۱۰ میکرون) است. برای رسیدن به دقت‌های مورد نیاز این شرکت مطابق با استانداردهای اروپایی و ژاپنی لازم است اندازه‌گیری ضخامت، طول و عرض ورق‌ها از میکرومتر اپتیکی دیجیتال استفاده شود.

به طور مشابه، دیگر شرکت‌های تولیدی ورق نازک نیز مانند این شرکت به چنین تجهیزات دقیقی در فرایند تولید خود نیاز دارند.

ابتدا نور لیزر پس از انعکاس از روی یک آینه چند وجهی، از یک سیستم اپتیکی موازی‌ساز عبور می‌نماید. سپس این باریکه نور موازی شده، ناحیه و جسم مورد اندازه‌گیری را اسکن و روشن می‌نماید. پرتوهای نور موازی که شامل اطلاعات سایه جسم هستند، به وسیله یک آشکارساز دریافت شده و پردازش می‌شوند.

در ابتدا فرض بر این بود که لیزرها با توجه به تکفامی، واگرایی کم و شدت بالایی که دارند، انتخاب مناسبی برای رسیدن به هدف اندازه‌گیری دقیق ابعادی بشمار می‌روند. اما قیمت بالا، توان مصرفی زیاد، طول عمر کم و آسیب‌پذیری در اثر نوفه^۸ و دما، استفاده از لیزرها را به عنوان منبع نور در سیستم‌های اندازه‌گیری تجاری محدود نموده است. همچنین استفاده از یک موتور به منظور اسکن ناحیه اندازه‌گیری، ضمن افزایش هزینه در سیستم، ارتعاشات آینه چرخان را به همراه دارد که دقت و تکرارپذیری اندازه‌گیری را کاملاً تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین بکار بردن یک روش اپتیکی که ضمن رفع معایب سیستم مذکور دقت اندازه‌گیری بالایی نیز داشته باشد، مد نظر قرار گرفت.

به منظور رفع معایب میکرومتر اپتیکی لیزری، می‌توان LED را به عنوان منبع نور جایگزین نمود. این منبع نور ضمن هزینه بسیار پایین‌تر، طول عمر بالاتر و پایداری توانی بهتری را فراهم می‌آورد. تغییر منبع نور، تغییر سیستم اپتیک فرستنده و اپتیک گیرنده را نیز در پی خواهد داشت. استفاده از LED نیاز به آینه چندوجهی و مشکلات ناشی از آن را از بین می‌برد. به این ترتیب با حذف لیزر و آینه چند وجهی و جایگزینی LED، سیستم بسیار ساده‌تر و در عین حال دقیق‌تر خواهد بود.

۵- فناوری ساخت میکرومتر اپتیکی دیجیتال

سیستمی که در اینجا برای اندازه‌گیری ابعاد اجسام بکار می‌رود، از سه بخش اصلی فرستنده، گیرنده و نرم‌افزار پردازش اطلاعات تشکیل شده است. وظیفه بخش فرستنده، تولید نور موازی و یکنواخت است. بخش گیرنده، نور را دریافت و اطلاعات را به رایانه انتقال می‌دهد. بخش پردازش، اطلاعات دریافتی را پردازش و ابعاد جسم را محاسبه می‌کند. قسمت‌های مختلف این سیستم در شکل شماره ۷ نشان داده شده است.

• شرکت صنایع کابا پارسیان زاگرس:

این شرکت تولیدکننده سیم‌های مسی، آلومینیومی و فولادی گالوانیزه گرم و تابیده شده است که از استانداردهای BS، DIN و ASTM تبعیت می‌کند. قطر این سیم‌ها باید دارای دقت‌های صدم میلیمتر (۱۰ میکرومتری) باشد. اندازه‌گیری قطر این سیم‌ها با دقت مورد نیاز و با استفاده از میکرومتر اپتیکی دیجیتال می‌تواند انجام شود. همچنین این اندازه‌گیری به صورت بلادرنگ انجام شده به طوری که بلافاصله امکان تصحیح خطا در خط تولید فراهم می‌شود.

شرکت‌های تولیدی دیگر در زمینه سیم و مفتول دقیق نیز می‌توانند در خط تولید خود از این نوع میکرومتر استفاده نمایند.

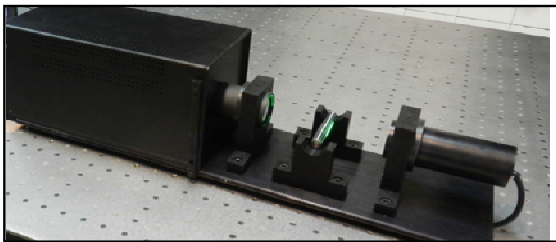
• شرکت‌های ساخت رینگ و پیستون (شرکت سایپا پیستون): این شرکت در ساخت رینگ به دقت‌های دهم و صدم میلیمتر و در ساخت پیستون به دقت‌های دهم میلیمتری نیاز دارد که با استفاده از میکرومتر اپتیکی دیجیتال این اندازه‌گیری با سرعت بالا قابل انجام خواهد بود.

• شرکت‌های تولید پیچ و مهره (شرکت تولیدی فولاد پیچ کار): این شرکت، تولیدکننده انواع پیچ و مهره بوده که در ساخت آنها از استانداردهای مختلفی مانند BS، DIN و ASTM استفاده می‌کند. این شرکت قطعات تولیدی خود را مطابق استاندارد و با دقت‌های صدم میلیمتر تولید می‌نماید. با استفاده از دستگاه میکرومتر اپتیکی می‌توان ضمن بالابردن سرعت اندازه‌گیری، ابعاد پیچ و مهره را کنترل و با استاندارد های مورد نیاز تطابق داد.

۴- تکنولوژی ساخت میکرومتر اپتیکی دیجیتال

یکی از دقیق‌ترین روش‌های اندازه‌گیری اپتیکی، استفاده از میکرومتر اپتیکی دیجیتال است. بکارگیری این نوع میکرومترها موجب ارتقای سطح کیفیت محصولات شده و همچنین امتیاز ویژه‌ای برای دریافت استانداردهای جهانی محسوب می‌شود. بسیاری از محصولات داخلی علیرغم استفاده از مواد اولیه مرغوب به دلیل عدم دقت لازم در ساخت، نتوانسته‌اند جایگاه خود را در بازار تثبیت کنند. این سیستم با اندازه‌گیری دقیق ابعاد، ضخامت و یا میزان تنش می‌تواند در خط تولید قطعات خودرو، ورق و لوله و ... بکار رود.

میکرومتر اپتیکی با استفاده از یک فرستنده و گیرنده اپتیکی و پردازش تصویر سایه جسم مورد اندازه‌گیری که از پشت روشن شده است، می‌تواند ابعاد جسم را مشخص نماید. در میکرومترهای اپتیکی اولیه از یک لیزر به عنوان منبع نور استفاده می‌شود [۳]. روش کار در این دستگاه به صورتی است که

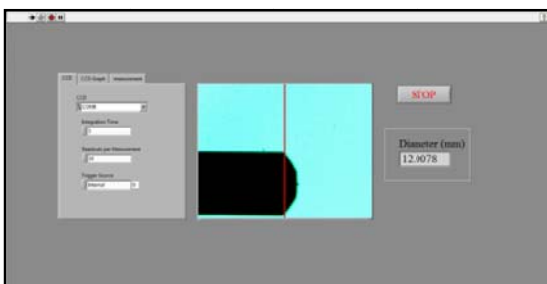


شکل ۸: سیستم میکرومتر اپتیکی دیجیتال

به منظور بررسی دقت و تکرارپذیری این دستگاه، تعدادی جسم آزمون استوانه‌ای شکل و کالیبره شده که دارای قطرهای مشخصی هستند، اندازه‌گیری شده و با تکرار نتایج، تکرارپذیری دستگاه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

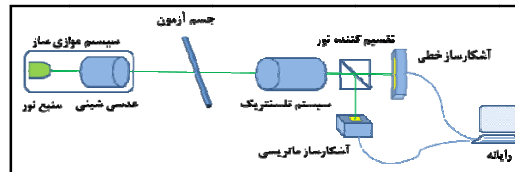
با استفاده از این روش، اندازه جسم با دقت ± 4 میکرومتر در کمتر از 0.1 ثانیه بدست می‌آید. قابل ذکر است که تکرارپذیری نتایج این دستگاه برابر ± 2 میکرومتر بدست آمده است. به منظور تعیین تکرارپذیری، 512 بار توسط گیج استاندارد به قطر $3/995$ میلی‌متر اندازه‌گیری شده و سپس مقدار 5 ± 2 بدست آمده است.

صفحه نمایش خروجی سیستم میکرومتر اپتیکی دیجیتال در (شکل شماره ۹) نمایش داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، مقطع جسم آزمون و قطر آن با دقت ± 4 میکرومتر قابل مشاهده است.



شکل ۹: صفحه نمایش خروجی سیستم میکرومتر اپتیکی دیجیتال

بنابراین میکرومتر اپتیکی دیجیتال ساخته شده قابلیت اندازه‌گیری به روش اپتیکی و در نتیجه غیر تماسی قطععات (بدون تماسی فیزیکی با قطعه) را به صورت برخط^۱ (گزارش بلادرنگ ابعاد قطععات در خطوط تولید) فراهم می‌آورد. همچنین، این دستگاه قابلیت اندازه‌گیری هر نوع قطعه را دارا بوده و وابسته به جنس قطععات نیست. دقت اندازه‌گیری قطععات در سیستم موجود ± 4 میکرومتر در بازه کمتر از 1 تا 30 میلی‌متر است. علاوه بر آن، قابلیت نمایش مقطع جسم در حال اندازه‌گیری و



شکل ۷: چیدمان سیستم اندازه‌گیری

در این سیستم از یک LED به عنوان منبع نور استفاده شده است. نور خارج شده از این منابع نوری، واگرا بوده لذا باید با استفاده از یک سیستم اپتیکی آن را با دقت خوبی موازی نمود. سیستم اپتیکی که در اینجا بکار رفته است، یک سیستم اپتیکی موازی‌ساز است که علاوه بر ایجاد نور موازی، بیراهی‌های سیستم را تا حد امکان کمینه می‌سازد.

جسم مورد اندازه‌گیری هر شکلی می‌تواند داشته باشد که در اینجا شکل استوانه‌ای انتخاب شده است. بنابراین اندازه‌ای که برای جسم آزمون گزارش می‌شود، اندازه قطر خارجی آن است. جسم مابین اپتیک فرستنده و گیرنده قرار می‌گیرد. پرتوهای نور پس از عبور از جسم، وارد اپتیک گیرنده می‌شوند. این اپتیک شامل سیستم تله سنتریک دوطرفه است. تله سنتریک، یک سیستم اپتیکی است که مردمک ورودی و یا خروجی آن در بی‌نهایت قرار می‌گیرد.

پرتوهای موازی که از جسم عبور کرده و شامل اطلاعات سایه جسم هستند، به وسیله یک المان دریافت کننده نور آشکار می‌شوند. جلوی آشکارساز از یک فیلتر استفاده شده تا از بار شدن زیاد آشکارساز جلوگیری شود و تا حدودی نوفه ناشی از نور محیطی را کاهش دهد. به منظور نمایش مقطع مورد اندازه‌گیری، از یک تقسیم‌کننده نور استفاده شده است که نور را به دو بخش تقسیم سازد. بخشی از نور وارد یک آشکارساز خطی و بخش دیگر وارد یک آشکارساز ماتریسی می‌شود.

آشکارساز خطی، سیگنال دریافتی را که شامل سایه جسم آزمون است به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌نماید. سیگنال الکتریکی به رایانه منتقل شده و سپس توسط نرم‌افزار LabVIEW مورد پردازش قرار می‌گیرد. بخش پردازش سیگنال، با تشخیص لبه [۵۴]، ابعاد سایه جسم آزمون را اندازه‌گیری می‌نماید. آشکارساز ماتریسی متصل به رایانه با استفاده از نرم‌افزار، نمایشی از سطح مقطع روشن شده جسم را نشان می‌دهد. تصویر این سیستم در شکل شماره ۸ مشاهده می‌شود.

همچنین قابلیت ذخیره‌سازی اندازه‌گیری‌ها و ارسال سیگنال به منظور کنترل خط تولید نیز در آن وجود دارد.

۶- نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری ابعاد همواره به عنوان یکی از نیازهای اولیه انسان مطرح بوده است، چنانکه از کمیات شناخته شده‌ای مانند طول اعضاء بدن به عنوان واحد اندازه‌گیری در مبادلات تجاری استفاده می‌نموده است. با پیشرفت فناوری نیاز انسان به اندازه‌گیری دقیق ابعادی نیز گسترش یافته به طوری که امروزه اندازه‌گیری دقیق ابعاد قطعات یکی از بخش‌های مهم در فرآیند تولید، ساخت و کنترل کیفیت محصولات بشمار می‌رود. روش‌های اولیه اندازه‌گیری ابعاد مانند استفاده از کولیس و میکرومتر، روش‌هایی زمان‌بر و گاهی مخرب بوده و امکان استفاده از آنها در خط تولید به منظور اندازه‌گیری دقیق و بلادرنگ ابعاد قطعات وجود ندارد. بنابراین روش‌های نوین اندازه‌گیری مانند روش‌های اپتیکی به عنوان یک روش غیرمخرب، دقیق و سریع، در سیستم‌های اتوماسیون صنعتی به منظور اندازه‌گیری بلادرنگ ابعاد به کار گرفته شده‌اند. در تحقیقات اخیر، LEDهای پرشدت جایگزین لیزرها شده و با تغییر سیستم اپتیکی فرستنده و گیرنده، استفاده از

آشکارسازهای ماتریسی و روش‌های پردازش سیگنال موجب حذف معایب سیستم‌های لیزری، افزایش دقت اندازه‌گیری و کاهش قیمت دستگاه‌های اندازه‌گیری اپتیکی شده است. برای اولین بار در کشور، از این فناوری برای ساخت میکرومتر اپتیکی دیجیتال استفاده شده است. میکرومتر اپتیکی دیجیتال ساخته شده به این روش، قابلیت اندازه‌گیری ابعاد اجسام را به روش غیرتماسی با دقت ± 4 فراهم می‌آورد و می‌تواند در خط تولید برای اندازه‌گیری بلادرنگ ابعاد قطعات استفاده شود. بازه اندازه‌گیری این سیستم کمتر از ۱ تا ۳۰ میلی‌متر است. علاوه بر آن، قابلیت نمایش مقطع جسم در حال اندازه‌گیری و همچنین قابلیت ذخیره‌سازی اندازه‌گیری‌ها و ارسال سیگنال به منظور کنترل خط تولید نیز در آن وجود دارد.

۷- تشکر و قدردانی

در پایان بر خود لازم می‌دانیم از شاخه تخصصی علوم پایه جهاد دانشگاهی به دلیل فراهم‌آوری امکان تحقیق در این حوزه تشکر و قدردانی نماییم.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۱۵ و تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۲۴

فهرست منابع

- [1] Pratt, W. K.; *Digital Image Processing*, New York: Wiley-Interscience, 1978.
 [2] Rosenfeld, A.; Kak, A. C.; *Digital Picture Processing*, 2nd ed, New York: Academic, 1982.
 [۳] ایمانی، پریسا؛ ابراهیم لواسانپور، لیلیا؛ یکه رنجبر، رضا؛ مجد آبادی، عباس؛ "طراحی و ساخت دستگاه اندازه‌گیری قطر و ضخامت اجسام با لیزر"، نخستین همایش ملی مهندسی اپتیک و لیزر ایران، دانشگاه صنعتی مالک اشتر اصفهان، ۱۳۸۸.
 [4] Haus, J.; *Optical Sensors: Basics and Applications*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2010.
 [5] Yoshizawa, T.; *Handbook of Optical Metrology: Principles and Applications*, Taylor & Francis Group, LLC, 2009.

