Archive of SID

مقاله

مواد پیزوالکتریک و کاربرد آنها در صنعت حمل‌ونقل

شاهرخ حسینی هاشمی، دانشیار دانشکدهٔ مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران
سمیرا فاضلی، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران
s.fazeli.v@gmail.com
محمد فدایی، دانشجوی دکتری دانشکدهٔ مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده
در سال‌های اخیر استفاده از مواد مرکب به‌دلیل نیاز صنعت به تولید موادی با ویژگی‌های متنوع که از استحکام بالا، وزن کم، قابلیت انعطاف و شکل‌پذیری، عایق‌بودن حرارتی و صوتی و عمر طولانی‌تری نسبت به مواد موجود برخوردار باشند، رشد روزافزونی یافته است. در این میان مواد پیزوالکتریک به‌عنوان نمونه‌ای از مواد مرکب در طراحی و ساخت سازه‌های هوشمند مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مقاله پس از معرفی مواد هوشمند و بیان ویژگی‌های آنها، کاربردهای گوناگون این مواد در صنعت حمل و نقل بررسی خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: مواد هوشمند، پیزوالکتریک، صنعت حمل و نقل

مقدمه

سازه‌های هوشمند توانایی ذاتی یا اکتسابی برای پاسخگویی به محرک‌های خارجی دارند. در گذشته برای کنترل ارتعاشات تنها از سیستم‌های انفعالی همچون سیستم جرم، فنر و دمپر استفاده می‌شد. اما به‌دلیل دامنهٔ فرکانسی کم، استهلاک ارتعاشات و صدا به‌صورت انرژی گرمایی و وزن بالای آنها دانشمندان به فکر استفاده از روش‌های دیگری برای کنترل ارتعاشات افتادند. در روش‌های جدید برای کاهش ارتعاشات و صدا از کنترل فعال ارتعاشات و مواد هوشمند استفاده می‌شود. به‌عنوان یک نمونه از سازه‌های هوشمند یک صفحهٔ انعطاف‌پذیر را در نظر می‌گیریم که لایه‌های نازکی از مواد پیزوالکتریک روی آن نصب شده است. با استفاده از خواص این مواد می‌توان ارتعاشات صفحه را از بین برد. دسته‌ای از سازه‌های هوشمند از محرک‌هایی تشکیل شده‌اند که تحت تأثیر میدان الکتریکی از خود جابه‌جایی مکانیکی نشان داده، ایجاد نیرو یا گشتاور می‌کنند. دسته‌ای دیگر از این مجموعه سازه‌ها شامل حسگرهایی می‌باشند که جابه‌جایی و در نتیجه کرنش و یا دیگر حالات مکانیکی سازه را کشف می‌کنند. نوع سوم که به‌ویژه در

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش دامنهٔ ارتعاشات، کارایی بیشتری دارد، هم شامل عملگر[1] و هم شامل حسگر می‌باشند و به سازه‌های کنترلی[2] معروفند. به این صورت که یک صفحه با یک حسگر گسترده در زیر و یک عملگر در لایهٔ بالا در نظر می‌گیریم. لایهٔ حسگر پایین جابه‌جایی تیر را حس کرده و به‌واسطهٔ این جابه‌جایی ولتاژی ایجاد می‌کند. ولتاژ حاصله به لایهٔ بالایی برگشت داده شده، لایهٔ فوقانی به این ولتاژ برگشتی عکس‌العمل نشان داده، تولید حرکت می‌کند. اگر ولتاژ برگشتی با ۱۸۰ درجه اختلاف فاز اعمال شود می‌تواند ارتعاشات تیر را کاهش دهد. وقتی لایه‌های مواد پیزوالکتریک به سطح بالایی یا پایینی سازه‌های کامپوزیتی تقویت‌شده با الیاف متصل می‌شوند و یا داخل آنها قرار می‌گیرند، کارایی‌شان می‌تواند به‌طور مؤثری بهبود یابد. علاوه بر این ترکیب لایه‌های پیزوالکتریک با سازه‌های کامپوزیتی امکان تغییر (تصحیح) پاسخ سازه از طریق حسگری و عملگری لایه‌های مذکور را فراهم می‌کند.

چون سازه‌های هوشمند توانایی اندازه‌گیری جابه‌جایی در حد میکرون را دارند در سال‌های اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند. مواد کامپوزیتی فعال در دو شکل موجود هستند:

- مواد فعال چندلایه‌ای
- مواد فعال چندفازی.

سیستم‌های کامپوزیتی چندفازی شامل یک فاز فعال قرار داده شده درون یک ماتریس پسیو می‌باشند. مواد فعال چندلایه‌ای قادرند با سطوح ولتاژ محدود ورودی به میدان‌های بزرگی برسند، مواد پیزوالکتریک در این دسته از کامپوزیت‌ها قرار می‌گیرند.

از مواد هوشمند در زمینه‌های گوناگونی همچون هوافضا (کنترل ارتعاشات و شکل سازه و ...)، صنایع دفاعی (کاهش ارتعاشات و نویز در زیردریایی‌ها، دقت تسلیحات و ...)، عمران، صنعت، اتومبیل‌سازی و پزشکی استفاده می‌شود.

الکتروسرامیک

تکامل میکروالکترونیک تا حدود زیادی مرتبط با تکنولوژی سرامیک‌هاست. تقریباً در هر مدار میکروالکترونیک تعدادی از عناصر سرامیکی به یکدیگر جفت شده‌اند و سیگنال‌های الکتریکی را پردازش می‌کنند. عناصری که در این زمینه نقش اساسی دارند عبارتند از: رساناها، مقاومت‌ها، خازن‌ها، دی‌الکتریک‌ها، فروالکتریک‌ها، فریت‌ها، وارسیتورها، ترمیستورها و لایه‌ای که این اجزا روی آن سوار می‌شوند. در ادامه به معرفی تعدادی از آنها می‌پردازیم.

دی‌الکتریک‌ها

عمده‌ترین کاربردهای دی‌الکتریک‌ها در خازن‌ها، ساختن محفظه برای عناصر الکتریکی (کپسول‌گذاری) و مواردی که خطوط رسانا را باید بر روی یکدیگر چاپ نمود، می‌باشد. دی‌الکتریک‌ها معمولاً به‌صورت خمیر یا جوهر ساخته می‌شوند.

فروالکتریک‌ها

فروالکتریک‌ها به‌طور وسیع به‌عنوان مبدل استفاده می‌شوند. منظور از مبدل تبدیل یک نوع برانگیختگی به نوع دیگر است، مثلاً نور به الکتریسیته یا انرژی مکانیکی به الکتریکی. مواد فروالکتریک سرامیکی در گسترش فناوری الکترومکانیک، الکترواپتیک و آکوستیک اپتیکی بسیار مفید بوده‌اند. یک بلور فروالکتریک دارای گشتاور دوقطبی الکتریکی است حتی اگر میدان الکتریکی نیز اعمال نشده باشد. معنی این عبارت آن است که در حالت فروالکتریک مراکز

Email: mech_mag@yahoo.com
Website: www.isme.ir
www.SID.ir

Archive of SID

بارهای مثبت و منفی بر همدیگر منطبق نیستند، بنابراین وقتی آن را در یک میدان الکتریکی قرار دهیم یک گشتاور مکانیکی در بلور القا خواهد شد.

فریت‌ها

فریت‌ها دستهٔ بزرگی از سرامیک‌ها هستند که دارای خاصیت مغناطیس می‌باشند. اساس همهٔ فریت‌ها Fe_2O_3 اکسید مگنتیت آهن می‌باشند. همهٔ آنها اکسیدند و از خود یک القای مغناطیسی نشان می‌دهند، حتی اگر در میدان مغناطیسی هم قرار نگیرند، دقیقاً مشابه آنچه برای آهنربای دائمی (مغناطیس‌های دائمی آهن) وجود دارد. القاء مغناطیسی خود به‌خودی قوی، مقاومت ویژهٔ الکتریکی بالا و ضرایب اتلاف پایین از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های مفید این دسته از سرامیک‌ها می‌باشند.

پیزوالکتریک‌ها

این مواد به ولتاژهای اعمال شده با تغییر در ابعاد خود واکنش نشان می‌دهند، بنابراین آنها را می‌توان برای تفسیر تغییرات ولتاژ متناظر با تغییر ابعادشان به‌کار برد. البته عکس این مطلب نیز درست است، یعنی اعمال یک نیروی مکانیکی مانند فشار، موجب ایجاد ولتاژی در مواد پیزوالکتریک می‌شود. خواص کلی این مواد، همراه با معادلات حاکم و کاربردهای آنها در زمینه‌های گوناگون در بخش‌های بعد به‌طور کامل بررسی خواهد شد.

بررسی مواد پیزوالکتریک

تاریخچه

نخستین بار رونه ژوست آئوئی[3]، کانی‌شناس فرانسوی، در سال ۱۸۱۷ م، خاصیت پیزوالکتریک را معرفی کرد. اما نخستین اثبات آزمایشگاهی ارتباط موجود میان پدیده‌های پیزوالکتریک ماکروسکوپی و ساختار کریستالوگرافی آنها در سال ۱۸۸۰ م توسط پیئر کوری[4] انجام شد. از میان مواد مورد بررسی آنها، کوارتز و نمک راشل بیشترین خاصیت پیزوالکتریسیته را از خودشان دادند[۳ و ۴]. در ابتدا فقط اثر مستقیم پیزوالکتریک (تولید تنش الکتریسیته در اثر اعمال تنش) مورد توجه کوری قرار گرفت و اثر معکوس پیزوالکتریک در سال ۱۸۸۱ م توسط لیپمان[5]، که در مورد کاربرد اصول ترمودینامیک با فرآیندهای برگشت‌پذیر کار می‌کرد، استنتاج شد.

در همین سال برادران کوری آن را با آزمایشات خود تأیید کردند و اعلام داشتند که ضرایب پیزوالکتریسیته کوارتز در پدیدهٔ پیزوالکتریک مستقیم و معکوس دارای مقادیر یکسانی است. فرمول‌بندی پیزوالکتریسیته به طور کامل توسط پالکز[6] و دوئم[7] انجام شد[۵]. پس از آن، هستهٔ علم کاربردی پیزوالکتریک شکل گرفت و تا حدود سال ۱۹۱۰ م کارهای بیشتری برای تبدیل این هستهٔ اولیه به یک چارچوب کامل، که در آن ۲۰ کلاس کریستال‌های طبیعی با خاصیت پیزوالکتریک و همهٔ ۱۸ ضریب پیزوالکتریک ماکروسکوپی ممکن به‌همراه رفتار دقیق ترمودینامیکی کریستال‌های جامد تعریف می‌شد، صورت گرفت. در این سال فوکت[8] هندبوکی منتشر کرد و در آن تمامی مفاهیم شناخته‌شده تا آن روز را مطرح نمود. در دهه ۱۹۲۰ م، کِیدی[9] استفاده از کوارتز برای کنترل فرکانس تشدید نوسانگرها را پیشنهاد کرد. طی دوران بازسازی جنگ جهانی اول، اکثر کاربردهای پیزوالکتریک امروزی (همچون شتاب‌سنج‌ها، ترانسدیوسرهای اولتراسونیک، فیلترهای سیگنال و ...) شناخته و عملی شده بود، اما اغلب مواد موجود در آن

Email: mech_mag@yahoo.com
Website: www.isme.ir
www.SID.ir

Archive of SID

زمان دارای عملکرد محدودی بودند و از این‌رو امکان بهره‌برداری تجاری از آنها ممکن نبود. اولین قطعات تجاری پیزوالکتریک پیکاپ گرامافون‌ها بودند که توسط شرکت سونوتو در سال ۱۹۴۷ م وارد بازار شد. فون هیپل[10] و همکارانش با استفده از آزمایشات بر روی خانوادهٔ تیتانات اعلام کردند که ثابت دی‌الکتریک بالای مواد پیزوالکتریک همان پدیدهٔ فروالکتریسیته است. در سال ۱۹۸۱ م چندین شرکت و دانشگاه ژاپنی یک شرکت مشارکتی تأسیس کردند و کمیته‌ای به‌نام کمیته تحقیقات کاربردی تیتانات باریم بنیان نهادند. آنها با تلاش بی‌وقفه روی مواد پیزوالکتریک توانستند به پیزوسرامیک‌هایی قابل رقابت دست یابند، پیزوسرامیک‌هایی که انحصاری نبودند و می‌توانستند از آنها در وسائل جدید استفاده کنند. از آن زمان به بعد، موفقیت تجاری ژاپن مورد توجه سایر کشورها قرار گرفت و باعث ایجاد موج جدیدی از فعالیت‌ها در زمینهٔ گسترش محصولات پیزوالکتریک شد.

طی دهه‌های اخیر مطالعات در این زمینه از فیزیک کاربردی و انجمن‌های آکوستیک به سمت فراصوت[11]، ساخت حساسه‌ها و کنترل و پایداری ارتعاشات سوق داده شده است. کاربرد مواد پیزوالکتریک به‌عنوان محرک و حسگر برای کنترل صدا و ارتعاشات در سال‌های گذشته گسترش چشمگیری داشته است.

اصولاً دو دسته مواد پیزوالکتریک برای کنترل ارتعاشات وجود دارند: سرامیک‌ها و پلیمرها. معروفترین سرامیک تیتانات زیرکونات سرب[12] (به‌دلیل خواص پیزوالکتریک قوی و پایین‌بودن تلفات دی‌الکتریک و الاستیک آن در فرکانس‌های بالاتر) است. تغییر بعد برگشت‌پذیر آن ۰/۱ درصد است و به‌عنوان محرک و حسگر در دامنهٔ وسیعی از بسامدها استفاده می‌شود. پیزوپلیمرها بیشتر به‌عنوان حسگر استفاده می‌شوند. مواد دیگری همچون $pb_5Ge_3O_{11}$، پلیمرهای گوناگون و سیلیکون‌های شیاردار در درجهٔ دوم در مواد مرکب مورد استفاده قرار می‌گیرند[۶ و ۷]. اخیراً نیز پیزوالکتریک‌های مرکب که دارای خواصی از پیزوسرامیک‌ها و پلیمرها می‌باشند پا به عرصه نهاده‌اند. مواد پیزوالکتریک و خواص آنها روز بروز بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند، لذا ابتدا سعی می‌شود مشخصات و پارامترهای این مواد تعیین شود و سپس با توجه به کاربردهای موجود تحلیلی از رفتارهای این مواد تحت شرایط موردنظر انجام شود تا از نتایج تحلیل این مواد در کاربردهای متنوع، به‌خصوص در کنترل و پایداری ارتعاشات، استفاده شود.

مفهوم پیزوالکتریک

می‌توان تأثیرات پیزوالکتریک را به‌عنوان مبدل انرژی الکتریکی به مکانیکی و بالعکس بیان کرد و بنابراین این اثر یک پدیدهٔ الکترومکانیکی است. اصطلاح پیزوالکتریک ترکیبی از دو کلمهٔ piezo (که در زبان یونانی معادل pressure است) و electricity می‌باشد. مواد پیزوالکتریک از ذرات و اجزائی تشکیل شده‌اند که قابلیت باردارشدن و تشکیل دوقطبی‌های الکتریکی را دارا می‌باشند[۸]. قطبش الکتریکی تولیدشده به‌وسیلهٔ کرنش مکانیکی در کریستال‌های متعلق به کلاس‌های خاص متناسب با کرنش بوده، علامتش وابسته به آن است. چنانچه تنش (و در نتیجه کرنش) متناوب اعمال شود، یک اختلاف پتانسیل متناوب روی الکترودها ایجاد می‌شود. این پدیده اثر مستقیم پیزوالکتریک نام دارد. از طرفی، هنگامی که به مادهٔ پیزوالکتریک ولتاژی اعمال و یا به بیان دیگر در آن میدان الکتریکی القا

Email: mech_mag@yahoo.com
Website: www.isme.ir
www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود، یک کرنش متناسب با اندازهٔ میدان الکتریکی اعمالی در ماده ایجاد می‌شود. این پدیده به اثری معکوس پیزوالکتریسیته معروف است. توجه داشته باشید که موادی دارای چنین خاصیتی هستند که ساختار کریستالی آنها مرکز تقارن نداشته باشد. لذا اگر یک تنش برشی و یا نرمال بتواند مراکز ثقل بارهای مثبت و منفی، که در پیزوالکتریک‌ها برهم منطبق نیستند، را تغییر دهد و ایجاد یک دوقطبی نماید، دوقطبی تولیدشده میدان الکتریکی تولید خواهد کرد. لذا در کریستال‌هایی که این چنین دوقطبی‌هایی به‌صورت بالفعل یا بالقوه وجود دارند، اعمال تنش یا کرنش منجر به تغییر مقادیر دوقطبی‌ها و نهایتاً ایجاد میدان الکتریکی خواهد شد و یا به‌طور معکوس با اعمال میدان خارجی فاصلهٔ مراکز ثقل بارهای مثبت و منفی تغییر یافته، کرنش یا تنش در کریستال ایجاد می‌شود[۹].

بیشتر مواد پیزوالکتریک جامداتی کریستالی هستند که می‌توانند کریستال‌های منفردی باشند که یا به‌طور طبیعی و یا با فرایندهای مصنوعی شکل گرفته‌اند یا مواد چندبلوری[۱۳] همچون سرامیک‌های فروالکتریکی که می‌توانند با پیزوالکتریک پوشیده شده و با توجه به مقیاس ماکروسکوپی یک کریستال منفرد متقارن با فرایند قطبی‌سازی شکل گرفته باشد.

فروالکتریک‌ها زیرمجموعه‌ای از مواد پیزوالکتریک هستند که دارای دو یا چند جهت قطبی و دارای قطبش خود به‌خودی هستند. این خانواده از دی‌الکتریک‌ها در زیر دمای کوری[۱۴]؛ یعنی دمایی که تغییر ساختمان کریستالی در آنها اتفاق می‌افتد، دارای قطبش خود به‌خودی‌اند. جهت قطبی‌شدن در فروالکتریک‌ها به‌وسیلهٔ میدان الکتریکی قابل تغییر یا معکوس‌شدن است. در سایر مواد پیزوالکتریک (غیرفروالکتریک) چرخش حوزه‌ها به‌راحتی مواد فروالکتریک نیست و نیاز به میدان‌های بسیار قوی دارد. در مورد کریستال‌های فروالکتریک باید حداقل یک محور در کریستال وجود داشته باشد که حرکت در دو جهت مخالف روی آن محور با هم معادل نباشند[۱۱].

سرامیک‌های فروالکتریک و تیتانات زیرکونات سرب

ساختار کریستالی مواد فروالکتریک بالاتر از دمای کوری دارای تقارن مرکزی بوده، بنابراین هیچ گشتاور دوقطبی الکتریکی ندارد. اصولاً دمای کوری برای هر مادهٔ پیزوالکتریک دمایی است که خاصیت دوقطبی الکتریکی در دمای بالاتر از آن از بین می‌رود. در زیر این دما ساختار فوق به یک ساختار پیچیده‌تر، که تقارن مرکزی ندارد، تغییر فاز می‌دهد. کریستال‌های فروالکتریک دارای نواحی با قطبیت یکسانند که ناحیهٔ فروالکتریک نامیده می‌شوند. داخل این ناحیه تمام دوقطبی‌های الکتریکی در یک جهت قرار دارند. هرگاه کریستالی در مجاورت یک میدان الکتریکی قرار بگیرد، حوزه‌های الکتریکی گرایش دارند تا جهت‌گیری نزدیک به جهت میدان الکتریکی پیدا کنند. به این ترتیب سراسر کریستال به یک دوقطبی الکتریکی تبدیل می‌شود.

به‌طور خلاصه می‌توان عملیات قطبی‌سازی را به این صورت بیان کرد: با اعمال یک ولتاژ یا میدان نسبتاً بزرگ در طول مادهٔ پیزوالکتریک باعث گرم‌شدن آن تا دمایی نزدیک به دمای کوری می‌شویم. با اعمال این ولتاژ یا میدان ماده در طول محور اعمال میدان افزایش و در راستای عمود بر آن محور کاهش طول می‌یابد. در

Email: mech_mag@yahoo.com
Website: www.isme.ir
www.SID.ir

Archive of SID

این حالت دوقطبی‌ها هم‌راستا شده، پس از سردسازی نیز تقریباً راستای خود را حفظ می‌کنند. با رسیدن میدان الکتریکی به مقداری مشخص، جهت دوقطبی‌های درون کریستال با جهت میدان الکتریکی یکی می‌شود. حال اگر میدان الکتریکی را کاهش دهیم کرنش به‌طور یکنواخت کاهش می‌یابد، اما دوقطبی‌های ایجادشده در کریستال تغییر جهت و تغییر اندازه نخواهند داد. با رسیدن میدان الکتریکی به حدود صفر، شرایط کریستال شبیه به شروع فرآیند خواهد بود، با این تفاوت که جهت برآیند قطبی معکوس شده است[۱۲].

سرامیک‌های پیزوالکتریک ترکیبات گوناگونی از اکسیدهایی با پایهٔ تیتانات هستند و معروف‌ترین آنها سرامیک‌های خانوادهٔ تیتانات زیرکونات سرب می‌باشند که ترکیبات گوناگونی از زیرکونات و تیتانات سرب می‌باشند. سرامیک‌های قطبی از نظر عرضی نسبت به قطبی شدن همگن (ایزوتروپ) هستند. ماتریس‌هایی که تانسورهای الاستیک، پیزوالکتریک و دی‌الکتریک را نشان می‌دهند از نظر ساختاری مشابه کریستال‌های هگزاگونال می‌باشند[۱۲]. در مجموع با در نظر گرفتن خصوصیات پیزوسرامیک‌ها به این نتیجه می‌رسیم که ترکیبات اصلاح شدهٔ تیتانات زیرکونات سرب بهترین خصوصیات را در شرایط بحرانی تنش و میدان‌های الکتریکی بالا از خود نشان می‌دهند.

به‌طور کلی مواد پیزوالکتریک در چهار زمینه مورد استفاده قرار می‌گیرند که عبارت‌اند از:

- ژنراتورها[۱۵]
- حسگرها[۱۶]
- عملگرها[۱۷]
- مبدل‌ها[۱۸]

در ژنراتورها و حسگرها از اثر مستقیم پیزوالکتریک استفاده می‌شود، اما در عملگرها دقیقاً عکس این فرایند انجام می‌شود. در عملگرها تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی با استفاده از اثر معکوس پیزوالکتریک انجام می‌شود. در مبدل‌ها هر دو اثر (مستقیم و معکوس) رخ می‌دهد. به‌طور کلی ویژگی‌های فیزیکی این ابزار به طراحی ساختاری آنها وابسته است. مثلاً عملگرهای حجمی عموماً نیروهای بزرگی در حد کیلونیوتن و ضربه‌های کوچکی در حد میکرون ایجاد می‌کنند. ولتاژ مورد نیاز با توجه به ضخامت لایه‌ها بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ ولت است. از طرف دیگر عملگرهای بای مورف نیروهای کوچکی در حد نیوتون و ضربه‌های بزرگی در حد میلی‌متر ایجاد می‌کنند.

وصله‌های پیزوالکتریک به‌عنوان عملگر، حسگر و ژنراتور استفاده می‌شوند. به‌دلیل سختی کمتر وصله‌ها و عملگرهای فیبری، نیروی ایجادشده به‌وسیله آنها به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از احجام پیزوالکتریکی[۱۹] است. مزیت اصلی آنها قابلیت استفاده در سازه‌های مسطح است. حسگرها و عملگرهای فیبری علاوه بر مزایای ذکرشده، به‌دلیل انعطاف‌پذیری، قابلیت استفاده در سطوح خمیده را نیز دارند. امروزه با استفاده از مواد افزودنی، گسترهٔ وسیعی از خواص در مواد پیزوالکتریک قابل دستیابی است.

کاربردهای مواد پیزوالکتریک در حمل‌ونقل

به‌دلیل قابلیت مواد سرامیکی پیزوالکتریک در تحمل شرایط سخت محیطی، این مواد در شاخه‌های گوناگون حمل‌ونقل قابل استفاده می‌باشند. مواردی از کاربردهای مواد پیزوالکتریک در خودروهای سواری عبارت است از:

Email: mech_mag@yahoo.com
Website: www.isme.ir
www.SID.ir

Archive of SID

حسگرهای ضربه‌ای[20]

این دسته از حسگرها به‌منظور تشخیص احتراق‌های نامنظم و غیرعادی در نزدیکی موتور نصب می‌شوند. اساس این اندازه‌گیری نیز برمبنای همان چیزی است که در شتاب‌سنج‌ها رخ می‌دهد. مادهٔ پیزوالکتریک مابین سازهٔ ارتعاشی و یک قطعهٔ لرزه‌گیر قرار می‌گیرد. قطعهٔ پیزوالکتریک ارتعاشات ایجادشده را به نسبت نیروهای اعمال‌شده به یک بار الکتریکی تبدیل می‌کند. معمولاً در این بخش از سرامیک‌های پیزوالکتریک (PZT) با خواص مناسب استفاده می‌شود. مادهٔ پیزوالکتریک مورداستفاده باید قابلیت تحمل دماهای بالا (دماهایی فراتر از ۲۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد) و تغییرات سریع دما را داشته باشند. همچنین ثوابت پیزوالکتریک باید تقریباً مستقل از دما باشند و در طی چرخهٔ عمر وسیلهٔ نقلیه ثابت بمانند.

اخیراً تلاش‌هایی برای جایگزینی PZT با حسگرهای فویلی نازک PVDF انجام شده است.

حسگرهای مسافتی[21]

این دسته از حسگرها مبدل‌هایی فراصوتی هستند که به‌عنوان پیلوت پارک در وسایل نقلیهٔ نامیده می‌شوند. مبدل، امواج فراصوتی را، که به‌وسیلهٔ موانع موجود در جاده منعکس می‌شود، منتشر و آنها را به‌وسیلهٔ همان مبدل، که در اینجا به‌عنوان یک حسگر فراصوتی عمل میکند، به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. با توجه به زمان حرکت، مسافت طی‌شده محاسبه می‌شود.

سیستم‌های تزریق سوخت[22]

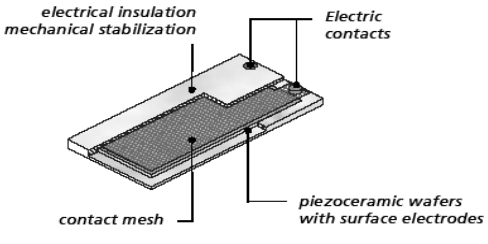
از فوائد سیستم‌های تزریق سوخت پیزوالکتریک در مقایسه با سیستم‌های متداول مغناطیسی، پاسخ سریع‌تر آنها و کاهش مصرف سوخت به میزان حدود ۲۰ درصد است.

تشت‌های حمل نفت

کاهش ارتعاشات اکتیو: امروزه مطالعات زیادی در زمینهٔ کاهش ارتعاشات سازه‌های نازک[23] به‌وسیلهٔ مواد فعال در حال انجام است. قسمت مهم در راه‌اندازی این سیستم‌ها انتخاب عملگر می‌باشد. وصله‌های پیزوالکتریک در این قسمت به سطح ظرف حمل‌کنندهٔ نفت وصل می‌شوند. مطالعات آزمایشگاهی و عددی انجام‌شده بیانگر کاهش ارتعاشات در اثر نصب وصله‌های پیزوالکتریک می‌باشد.

پیزوسرامیک‌های دمابالا: توسعهٔ استفاده از عملگرهای پیزوسرامیک دمابالا به‌دلیل اطلاق عملی مفهوم میرایی فعال برای تشت‌های حمل نفت، به‌دلیل افزایش دمای تشت‌های حمل نفت تا بالای ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد در اثر دمای بالای نفت موجود درآن می‌باشد. فناوری این فرایند توسط مؤسسهٔ سازه‌های کامپوزیتی مرکز هوافضای آلمان توسعه پیدا کرد. طراحی اولیهٔ این عملگر در شکل ۱ نمایش داده شده است.

وصله‌های پیزوالکتریک به‌نحوی روی سطوح متالایزد قرار می‌گیرند که در مود عرضی d_{31} عمل کنند. پیزوسرامیک بین لایه‌های نازک مادهٔ عایق و لایه‌ها قرار می‌گیرند. لایه‌های میانی از یک مادهٔ رسانای انعطاف‌پذیر نظیر مس با اندازه و شکل وصلهٔ پیزوالکتریک ساخته شده است. انعطاف‌پذیری این ماده عمر طولانی و قابلیت اطمینان سازه را تضمین می‌کند.



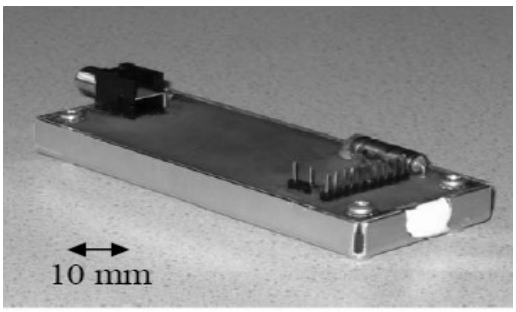
شکل ۱. اساس کار پیزوسرامیک‌های دمابالا

Email: mech_mag@yahoo.com
Website: www.isme.ir
www.SID.ir

Archive of SID

ریزتوان‌های الکترونیکی

مواد پیزوالکتریک در سیستم‌های تقویت‌کنندهٔ توان خودروها نیز کاربرد دارند. این مواد با توجه به وزن کمتر و مقاومت بیشتر در مقابل ارتعاشات نسبت به ذخیره‌کننده‌های توان الکتریکی[۲۴] گزینه‌های مناسبی می‌باشند. در حال حاضر تحقیقات بیشتر روی کاربرد مواد پیزوالکتریک در این ریزپردازنده‌ها در حال انجام می‌باشد. طراحی نمونهٔ اولیه این تقویت‌کننده‌ها در شکل ۲ نمایش داده شده است. با استفاده از یک محفظهٔ آلومینیومی و قراردادن یک رزین پولی اورتان در قسمت میانی تقویت‌کننده خواص وزنی و مقاومتی آن به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.



شکل ۲. نمونهٔ اولیه این تقویت‌کننده

آزمایش فرسودگی چرخ‌های قطار

امروزه مطالعات بسیاری روی مواد پیزوالکتریک برای نشان‌دادن صحت کارکرد و کشف خرابی‌ها در حال انجام است. از جمله این موارد آزمایش فرسودگی چرخ‌های قطار می‌باشد. اساس کلی این آزمایش بر مبنای شناسایی تغییرات رفتار ارتعاشی چرخ که در اثر بروز تغییرات در سطوح تماس چرخ و ریل می‌باشد، استوار است. حسگرهای پیزوالکتریک در نقاط گوناگون روی چرخ نصب شده، تغییرات جابه‌جایی سطوح را به سیگنال‌های مکانیکی تبدیل می‌کنند. نکتهٔ اصلی تعریف درست ارتباط میان رفتار مودال چرخ‌ها و سیگنال‌های اندازه‌گیری‌شده می‌باشد.

علاوه بر موارد مذکور مواد پیزوالکتریک در زمینه‌های دیگری همچون استفاده در آزمایش‌های قابلیت اطمینان، آزمایش‌های مود شکست، آزمایش‌های طول عمر و ... در صنعت حمل‌ونقل کاربرد دارند.

منابع:

[1] A. Samonta, M. Mukhopadhyay, 1999, “Finite element large deflection static Analysis of shallow and deep stiffend shells", *Finite element in Analysis and Design*, Vol. 33. pp 187-208.

[2] J. S. Yang, 1999, “a nonlinear Theory for thin piezoelectric plates in moderately large enten sional deformation 5”, mechanics Research

[3] A. R. Streett, 2006,"preliminary finite element modeling of a piezoelectric actuated marine propulsion fin “PhD

[4] Vincent piefort, 2000,"finite element modeling of piezoelectric actinve structures", PhD, Libre de Bruxelles.

[5] E. F. Crewley and J. de. Iuis, "use of piezoelectric actuators as elements of intelligent structures" AIAAVJ.,vol 25, NO.10, pp.1373-1385.

[6] B. Jaff and W. R. Cook and H. Jaffe, 1971, "piezoelectric ceramics", academic press, London and New York

[7] W. A. Schuize and J. V. Biggcrs, 1979, Piezoelectric Properties of PbsGcJOii BondedPZT Composites", Mat.Res.Bull, pp. 721-730

[8] F. J. Nye, 1957, "Physical properties of crystals: their representation by tensors and matrics" claredon press, oxford.

[9] J. Zelenka, 1986, "piezoelectric resonators and their applications" in Handbook studies in electrical and electronic engineering, vol 24, Elsevier publishing, prague.

www.SID.ir

Archive of SID

[10] D. A. Belincourt and D. R. Curan and H. Jaffe, 1964, "piezoelectric materials and their function in transducers", pp.196-257 in physical acoustic, vol.1, part A, edited by W. P. Mason, academic press, NY.

[11] C. Kitte, 1975, Introduction to solid state physics, 5th edition, John Wiley and sons publishing

[12] H. J. Schneider, "piezokeramische bauteile im fahrzeug", symposium, keramik im fahrzeugbau, Eds.J . Heinrich, H.Gasthuber, Deutsche Keramische Gesellschaft, Koln (2003), pp. 21-28

[13] R. G. S. Barsoum, "active materials and adaptive structures". Smart Mater Struct. 6 (1997) 117-122

[14] J. Nuffer & T. Bein, "application of piezoelectric materials in transportation industry", Global symposium on innovative solutions for the advancement of the transport industry, 4-6 october 2006, sansebastian, spain

[15] EU – Integrated Project "intelligent materials for active noise reduction" funded by the EU under contract NMP2-CT-2003-501084

پی‌نوشت

1. actuator
2. controlled structures
3. René Just Haüy
4. Pierre Curie
5. lippman
6. pockels
7. duhem
8. Voigt
9. Cady
10. Von-Hipple
11. ultrasonic
12. Lead Zirconate titanate (PZT)
13. Poly Crystalline
14. Curie Temperature
15. generators
16. sensors
17. actuators
18. transducers
19. piezoelectric stacks
20. knock sensors
21. distance sensors
22. fuel injection systems
23. thin wall structures
24. on-board electrical power supply

★ ★ ★

قابل توجه اعضاء محترم انجمن

بر اساس موافقت شرکت صنایع ماشین‌های اداری ایران، اعضاء و کارکنان انجمن مهندسان مکانیک ایران می‌توانند با ارائه مدارک مشروحه زیر نسبت به خرید دو مدل لپ‌تاپ DELL و HP بشرح جدول ذیل بصورت اقساط اقدام نمایند.

لپ‌تاپ	مدل	قیمت نقدی	مبلغ کارمزد اعتبارسنجی	tschedاخت	اقساط ماهانه (۶ ماهه)	قیمت کل اعتباری
Hp	Pro Book 4520	۶/۴۹۰/۰۰۰	۱۱۱/۸۵۵	۱/۴۰۹/۸۵۵	۹۳۲/۱۲۶	۷/۰۰۲/۶۱۱
DELL	INSPIRON N5110	۸/۱۰۰/۰۰۰	۱۳۹/۶۰۴	۱/۷۵۹/۶۰۴	۱/۱۶۳/۳۸۳	۸/۷۳۹/۷۸۲

۱- مدارک شناسایی (کارت ملی)
۲- کارت عضویت معتبر در انجمن مهندسان مکانیک ایران
۳- چک به تعداد اقساط

www.SID.ir