تأثیر عوامل ساختاری بافــت برید برمیزان جذب عرق بدن انسان در حسگرهای مبتنی بر منســوج

افسانه عبادی[1]/ محسن شنبه[1]/ سیدعبدالکریم حسینی[1]

چکیده

امروزه محققان به دنبال روش هایی هستند تا بتوانند از طریق نمونه برداری غیرتهاجمی اطلاعات مفیدی از سلامت فرد داشته باشند. با توجه به بررسی‌های انجام شده بر روی عرق انسان، بسیاری از آنالیت‌های خون در عرق مشاهده شده است، به گونه‌ای که بدون انجام نمونه گیری از خون، می‌توان عرق فرد را مورد بررسی و آزمایش قرارداد. هدف از این پژوهش طراحی و تولید حسگر اندازه گیری تغییرات غلظت عرق بدن انسان بود.

بر این اساس حسگرهای موردنظر به روش بریدینگ و با استفاده از تغذیه جزء مغزی و نخ رسانای فولاد زنگ‌نزن و نخ ویسکوز طرا حی شدند. طبق نتایج به دست آمده ساختارهای طراحی شده قابلیت واکنش دهی به تغییرات غلظت نمک موجود در عرق شبیه‌سازی شده را داشته‌اند و میزان تغییرات ولتاژ دو سرحسگر نسبت به تغییر غلظت نمک موجود در عرق تا ۱۵ درصد مشاهده شد.

۱-مقدمه

پژوهشگران به دنبال روشی هستند تا بتوانند بر سلامتی انسان، بدون ایجاد مزاحمت در زندگی روزانه و عملکرد فرد نظارت داشته باشند و اطلاعات دقیقی را در اختیار افراد قرار دهند.

برای به دست آوردن اطلاعات در ارتباط با وضعیت فیزیولوژیکی بدن انسان، نیاز به نمونه‌برداری است.

نمونه‌برداری غیرتهاجمی یکی از روش‌های مؤثر به شمار می‌آید، به‌گونه ای که در زندگی روزمره فرد اختلال به وجود نمی‌آورد و از وارد شدن شیء خارجی به بدن جلوگیری می‌شود.با توجه به پژوهش‌های انجام شده، بسیاری از آنالیتهای بدن مثل سدیم، کلر، اوره و غیره در عرق نیز مشاهده می‌شوند.

امروزه با پیشرفت‌های صورت گرفته در طراحی حسگرهای مبتنی بر منسوج، حسگرهای غیرتهاجمی مبتنی بر منسوج را میتوان به بدن و یا بخشهای مختلف لباس اتصال داد، به‌گونه‌ای که فرد راحتی پوشش داشته باشد.

در سال ۲۰۱۸ بروک و همکارانش با استفاده از قطعات الکترونیکی و مکانیکی حسگر تعرقی طراحی کردند که با توجه به وزن بالا و لوله‌های مارپیچ دقت نمونه طراحی شده کاهش یافته بود.

به همین دلیل گیل و همکارانش در سال ۲۰۱۹، ژانگ و همکارانش، چن و همکارانش در سال ۲۰۲۱–۲۰۲۰ و ونگ و همکارانش در سال ۲۰۱۸ حسگر تعرق کاملاً منسوج را طراحی و تولید کردند، به گونه‌ای که اندازه‌گیری تغییرات pH، کلر، سدیم، الکتات و یا به صورت همزمان تغییرات چند آنالیت مورد بررسی قرار گرفت.

۲-مواد و آزمایش‌ها

۲-۱ -مواد

جهت تولید حسگرهای موردنظر از دو نوع نخ رسانا و نخ متداول و دستگاه بریدینگ اسپیندل استوانه ای استفاده شد.

طراحی ساختارهای موردنظر مبتنی بر تغذیه جزء مغزی در ساختار برید بود. جزء مغزی در این ساختار نخ حاوی الیاف فولاد زنگ‌نزن با دانسیته خطی ۴۰۰ تکس (۲۰۰ تکس دولا) ، مقاومت خطی ۰/۲۹ اهم بر سانتیمتر، استحکام تا حد پارگی ۱۱/۴ سانتی‌نیوتن بر تکس و ازدیاد طول تا حد پارگی ۳/۲۲ درصد تولید شرکت technology and science fiber-JL Xiamen بود.

جزء برید از نخ ویسکوز با دانسیته خطی ۱۲۰ تکس (۳۰ تکس چهارلا)، استحکام تا حد پارگی۲۰/۷۶سانتی نیوتن بر تکس و ازدیاد طول تا حد پارگی ۲۸/۰۳ درصد بود.

انتظار می‌رود که نخ رسانای مورد استفاده در برابر تغییرات غلظت عرق مصنوعی شبیه‌سازی شده واکنش نشان داده و مقاومت الکتریکی آن تغییر کند.

۲-۲ -روش تولید

طراحی ساختار برید موردنظر به عنوان حسگر طی دو مرحله انجام شد. در مرحله اول نخ رسانا به عنوان مغزی در ساختار برید به ماشین تغذیه شد و نخ برید نیز نخ ویسکوز بود.

در این پژوهش با هدف تغییر در میزان پوشانندگی جزء مغزی و قابلیت جذب رطوبت مطلوب، از تعداد اسپیندل‌های فعال ۸ و ۱۶ عدد و دو نرخ برداشت ۰/۳۲ و

۰/۱۴ متر بر دقیقه در تولید نمونه‌ها استفاده شد.
در مرحله دوم ۲ یا ۳ رشته برید تولید شده در مرحله اول به عنوان مغزی به دستگاه برید تغذیه شده و با ۸ اسپیندل فعال و سرعت برداشت ۰/۳۲ متر بر دقیقه نمونه‌های نهایی به عنوان حسگر تولید شدند.
نخ برید مورد استفاده در این مرحله نیز نخ ویسکوز بود. در شکل ۱ طرح‌واره و سطح مقطع عرضی نمونه تولید شده نشان داده شده است. در جدول ۱ مشخصه‌های نمونه‌های تولید شده ارائه شده است.
همانطور که ملاحظه میشود، تعداد اسپیندل‌های فعال و سرعت برداشت به عنوان متغیرهای مرحله اول و تعداد رشته‌های قرار گرفته در قسمت مغزی، در مرحله دوم به عنوان متغیرهای این مرحله در نظر گرفته شد.
همچنین در مرحله دوم هدف دستیابی به نمونه‌ای با حساسیت بالا در برابر تغییرات در غلظت نمک و کمترین میزان اغتشاش در تغییرات مقاومت الکتریکی بود.
در شکل ۲ (الف) سطح مقطع نمونه تولید شده با ۸ اسپیندل و سرعت برداشت ۰/۳۲ متر بر دقیقه در مرحله اول، ۲(ب) سطح مقطع نمونه تولید شده با ۱۶ اسپیندل و سرعت برداشت ۰/۱۴ متر بر دقیقه در مرحله اول، ۲(ج) سطح مقطع طولی نمونه شماره ۲ در مرحله دوم و در شکل ۲(د) سطح مقطع عرضی نمونه شماره ۲ در مرحله دوم نشان داده شده است.

۳-آزمایش‌ها

از آنجایی‌که در طراحی حسگر موردنظر، قابلیت جذب رطوبت ویژگی اصلی به شمار می‌آید، رطوبت محتوی نمونه‌های مختلف اندازه‌گیری شد.
بر این اساس در ابتدا ۱۰ سانتیمتر از هر نمونه در اتاقک استاندارد با شرایط رطوبت ۶۵ درصد، دمای ۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۶ ساعت، با هدف ثابت شدن وزن نمونه‌ها، قرار داده شد.
پس از آن نمونه ها در آون با دمای ۱۳۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شدند تا نمونه‌ها خشک شوند.
با استفاده از رابطه ،۱ درصد رطوبت محتوی نمونه‌های مختلف اندازه‌گیری شد. این آزمایش ۳ مرتبه تکرار شد.
در جدول ۲ نتایج حاصل از این آزمایش ارائه شده است.در مرحله بعد تغییرات مقاومت الکتریکی نمونه‌های مختلف در برابر تغییرات غلظت عرق مصنوعی شبیه سازی شده مورد آزمایش قرار گرفت.
طبق مطالعات انجام شده بر روی عرق بدن انسان، میزان سدیم‌کلرید به عنوان عنصر اصلی آن، بین ۱۰ تا ۱۰۰میلی مولار بر لیتر گزارش شده استو بر این اساس عرق مصنوعی با آب نمک حاوی میزان مشابه آن شبیه‌سازی می‌شود.
آزمایش تغییرات مقامت الکتریکی نمونه‌های مختلف در طول ۱۰ سانتیمتر انجام شد.
در این آزمایش ابتدا آب نمک با ۲ غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار تهیه شد. نمک مورد استفاده از شرکت Merck با وزن مولکولی ۵۸/۴۴گرم بر مول تهیه شده بود.
جهت اندازه‌گیری تغییرات مقاومت الکتریکی نمونه‌های مختلف از یک مدار الکترونیک طراحی شده با قابلیت ثبت مطالعات به صورت مداوم و تبدیل آنها به گسسته استفاده شد.
نمونه های طراحی شده به مدار الکترونیک، متصل شد و طی ۳ مرحله آب نمک با غلظتهای ۱۰،۱۰۰و ۱۰۰ میلی مولار در بازه های زمانی ۴ دقیقه‌ای به مقدار ۱ سی‌سی در هر مرحله به نمونه اضافه شد.

۳- نتایج و بحث

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ،۲ نمونه‌های ،۲ ۳ و ۶ به ترتیب بیشترین جذب رطوبت را نشان دادند.
نمونه‌های ۲ و ۳ با ۱۶ اسپیندل فعال و نمونه ۶ با ۸ اسپیندل فعال تولید شده بودند. بررسی نتایج به دست آمده از آزمایش مرحله دوم که مربوط به تغییر مقاومت الکتریکی نمونه‌ها در برابر تغییر غلظت بود، نشان داد که بین نمونه‌های ۲ و ۵ و نمونه‌های ۳ و ،۶ نمونه ۲ و ۳ به عنوان نمونه مناسب برای نشان دادن تغییرات غلظت آب نمک است.
به عبارت دیگر بیشترین تغییرات مقاومت الکتریکی در این نمونه‌ها مشاهده شد. همچنین در بین این دو نمونه نیز، نمونه ۲ با ۳ رشته مرکزی حساسیت بالاتری را نشان داده است.
در شکل‌های ۳ و ۴ تغییرات ولتاژ نمونه‌های ۲ و ۳ در بازه زمانی مورد آزمایش با تغییر غلظت آب نمک نشان داده شده است.
بر اساس نتایج حاصل، تغییرات ولتاژ (که متناسب با تغییرات مقاومت الکتریکی نمونه است) نمونه ۲ در دو مرحله تغییر غلظت آب نمک به ترتیب ۱۵و ۶ درصد بود. بنابراین می‌توان انتظار داشت که ساختار طراحی شده قابلیت استفاده به عنوان حسگر اندازه گیری تغییرات غلظت تعرق بدن را دارد.

٤-نتیجه‌گیری

در این پژوهش حسگر مبتنی بر منسوج با استفاده از نخ‌های رسانای حاوی الیاف فولاد منقطع جهت اندازه‌گیری میزان غلظت عرق بدن انسان، با استفاده از عرق مصنوعی شبیه‌سازی و طراحی شده و حساسیت آنها در برابر تغییر میزان غلظت عرق مورد بررسی قرار گرفت.
در طراحی حسگرهای موردنظر از روش بریدینگ جهت تولید آنها استفاده شد و نخ رسانا به عنوان مغزی در ساختار موردنظر قرار گرفت.
نتایج بررسی‌های صورت گرفته نشان داد که ساختار حسگر طراحی شده از نظر تراکم ساختار و تعداد المان‌های رسانا تأثیر مشخصی بر حساسیت و قابلیت حسگرهای طراحی شده در برابر تغییرات غلظت نمک موجود در عرق شبیه‌سازی شده دارند.

پی‌نوشت

۱-دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی اصفهان