PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

دانـــشگاه یـــزد

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی نساجی – تکنولوژی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مطالعه و مدلسازی ریاضی حرارتی و الکتریکی در پارچه های تاری و پودی بافته شده با فیلامنت فلزی

اساتیدراهنما: دکتر پدرام پیوندی -دکتر محمد جواد صراف شیرازی

استادمشاور: دکتر محسن هادیزاده

پژوهش و نگارش: مرضیه نظریان

اسفندماه 1390

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تقدیم با احترام

به مادر دلسوز و پدر عزیزم

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تشکر و قدردانی

بدین وسیله بر خود لازم می دانم از اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر پدرام پیوندی و جناب آقای دکتر محمد جواد صراف شیرازی که پیشنهادات و راهنمایی های ایشان راهگشای این پروژه بوده است، کمال تشکر و سپاس را داشته باشم. همچنین از نظرات آقای دکتر محسن هادیزاده سپاس و قدردانی به عمل می آورم. در پایان زحمات پدر و مادرم را در راستای اعتلای اینجانب، قدر می نهم و بهروزی و شادکامی تمامی این عزیزان را از خداوند منان خواستارم.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

چکیده

در سالهای اخیر استفاده از پارچه های هادی جریان الکتریسیته به خصوص در پوشاک الکترونیک و محصولات هوشمند گسترش زیادی یافته است. با توجه به اهمیت تعیین خصوصیات الکتریکی این نوع منسوجات، در این تحقیق یک مدل الکترومکانیکی برای پیش بینی مقاومت الکتریکی معادل پارچه های تاری، پودی رسانای بافته شده با فیلامنت فلزی ارائه گردیده که با استفاده از روش المان محدود توزیع جریان در پارچه های هادی بافته شده با فیلامنت فلزی مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا اثر فاکتورهایی مانند زاویه تماس میان فیلامنت ها و صفحه الکترود، مقاومت الکتریکی تماسی میان فیلامنت ها و نیز اندازه پارچه هادی، روی هدایت و توزیع جریان پارچه های هادی مورد مطالعه قرار گرفته شده است. نتایج حاصل از آزمایشات تجربی بیانگر کارایی مدل ارائه شده جهت پیش بینی مقاومت الکتریکی معادل پارچه هادی می باشد. مدل ارائه شده توانایی بررسی تاثیر پارامترهایی مانند زاویه قرارگیری صفحات الکترود بر روی سطح پارچه، ابعاد پارچه و فشار وارد بر مقاومت الکتریکی معادل پارچه هادی بافته شده با فیلامنت فلزی را دارا می باشد. همچنین در این تحقیق یک مدل حرارتی نیز ارائه شده است که می توان با توجه به مقاومت معادل الکتریکی پارچه هادی و جریان تغذیه شده به دو طرف صفحات الکترود و با استفاده از فرمول $P=RI^2$، توان حرارتی اتلافی که بصورت گرما در جسم رسانا ظاهر می‌شود، برای یک پارچه هادی بافته شده با فیلامنت فلزی با ابعاد متفاوت و همچنین در زاویه های متفاوت قرارگیری الکترودها بر روی سطح پارچه را محاسبه نمود.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

فهرست مطالب **شماره صفحه**

فصل اول : تعریف موضوع

1- 1مقدمه 1

2-1روش‌های انتقال حرارت و جریان الکتریسیته در پارچه 3

1-2-1 نانو لوله های کربنی 6

2-2-1 کابل‌های الکتریکی 8

3-2-1 الیاف رسانای الکتریکی 9

4-2-1 الیاف کربن 12

5-2-1 الیاف فلزی 13

6-2-1 سیم های الکتریکی 15

3-1 کاربرد منسوجات الکتریکی 18

فصل دوم : مروری بر مطالعات انجام شده

1-2 نظریات ارائه شده در مورد هدایت الکتریکی و حرارت 27

2-2 نظریات ارائه شده در مورد مکانیک تماس 39

3-2-2 راه حل کلاسیک برای تماس اجسام الاستیک 42

1-3-2-2 تماس میان یک کره و یک نیم فضای الاستیک 42

2-3-2-2 تماس میان دو کره 43

3-3-2-2 تماس میان دو استوانه با شعاع مساوی 44

4-3-2-2 تماس میان یک استوانه سخت و یک نیم فضای الاستیک 44

5-3-2-2 تماس میان یک مخروط سخت و یک نیم فضای الاستیک 45

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2-2-3-6 تماس میان دو استوانه با محورهای موازی 46
2-3 رابطه میان حرارت تولیدی و هدایت الکتریکی 47
2-4 اهداف تحقیق 49
فصل سوم : روش تحقیق
3-1 مقدمه 51
3-2 مواد اولیه 51
3-3 تجهیزات آزمایشگاهی 51
3-3-1 دستگاه میلی اهم متر 52
3-3-2 منبع تغذیه جریان مستقیم 52
3-4 روش انجام آزمایشات 53
3-4-1 اندازه گیری مقاومت الکتریکی پارچه هادی بافته شده با فیلامنت فلزی 53
3-4-2 اندازه گیری مقاومت الکتریکی تماسی پارچه هادی بافته شده با فیلامنت فلزی 53
فصل چهارم : مدلسازی
4-1 مقدمه 56
4-2 مدلسازی الکتریکی 56
4-3 مدلسازی مکانیکی سطح تماس فیلامنتها 61
4-4 مدلسازی حرارتی 64
فصل پنجم : تجزیه و تحلیل
5-1 مقدمه 67
5-2 روش انجام آزمایشات 67
5-2-1 اندازه گیری مقاومت الکتریکی پارچه هادی بافته شده با فیلامنت فلزی 67
5-2-2 اندازه گیری مقاومت الکتریکی تماسی پارچه هادی بافته شده با فیلامنت فلزی 69
5-3 بحث و نتایج 69

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

5-3-1 تجزیه و تحلیل های آماری 69
5-3-2 بررسی نتایج بدست آمده از مدلسازی.....72
5-2-3-1 بررسی نتایج بدست آمده از مدلسازی الکتریکی پارچه هادی با مقادیر تجربی 72
5-2-3-2 بررسی نتایج بدست آمده از مدلسازی مکانیکی سطح تماس فیلامنتها با مقادیر تجربی
73.....
5-3-3 پیش بینی تغییر پارامترهای پارچه بر مقاومت معادل الکتریکی با استفاده از مدل ارائه شده.....74..
5-3-3-1 بررسی تاثیر زاویه تماس بر مقاومت الکتریکی معادل پارچه هادی.....74
5-3-3-2 بررسی تاثیر اندازه پارچه هادی بر مقاومت الکتریکی معادل پارچه هادی 74
5-3-3-3 بررسی تاثیر مقاومت الکتریکی تماسی بر مقاومت الکتریکی معادل پارچه هادی 75
5-3-3-4 بررسی تاثیر نیرو بر مقاومت الکتریکی تماسی میان فیلامنت های متقاطع 76
5-3-4 مدلسازی حرارتی 77
فصل ششم : نتایج و پیشنهادات
6-1نتایج 81
6-2 پیشنهادات 82
منابع و ماخذ..... 83

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

فهرست جداول **شماره صفحه**

جدول 3-1 خصوصیات پارچه بافته شده با فیلامنت فلزی 51

جدول 4-1 دستگاه معادلات عناصر شکل (4-2) 59

جدول 4-2 معادلات جریان گره های شکل (4-2) 60

جدول 4-3 مقاومت الکتریکی عناصر شکل (4-2) 64

جدول 5-1 مقاومت الکتریکی معادل پارچه هادی برای فواصل متفاوت صفحات الکترود(میلی اهم) 67

جدول5-2 مقاومت الکتریکی معادل پارچه هادی در زاویه تماس های متفاوت (میلی اهم) 68

جدول5-3 مقاومت الکتریکی تماسی دو فیلامنت متقاطع در نقطه تماس در نیروهای متفاوت (اهم) 69

جدول 5-4 ANOVA برای زاویه تماس 71

جدول 5-5 آزمون دانکن (Duncan) برای زاویه تماس 71

جدول 5-6 ANOVA برای اندازه پارچه 71

جدول 5-7 آزمون دانکن (Duncan) برای اندازه پارچه 71

جدول5- 8 مقادیر پارامترهای ورودی مدل 72

جدول 5-9 مقایسه نتایج مدل و آزمایشات در زاویه های متفاوت قرارگیری الکترودها بر روی سطح پارچه 72

جدول 5-10 مقایسه نتایج مدل و آزمایشات در فواصل متفاوت صفحات الکترود 73

جدول 5-11 مقایسه نتایج مدل و آزمایشات مقاومت الکتریکی تماسی دو فیلامنت متقاطع در نقطه تماس در نیروهای متفاوت 73

جدول 5-12 ولتاژ گره ها 78

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

فهرست اشکال **شماره صفحه**

شکل 1-1 نمونه‌ای از چاپ هادی 3

شکل 1-2 نمونه ای از چاپ هادی بر سطح پارچه 4

شکل 1-3 نمونه‌هایی از دوخت هادی بر روی پارچه 5

شکل1-4 نمونه‌هایی از بافت نخ‌های هادی در پارچه 5

شکل1-5 ساختار سه بعدی نانو لوله های کربنی تک دیواره 6

شکل 1-6 لوله های نانو کربنی چند دیواره 7

شکل 1-7 آزمایش رطوبتی/حرارتی چرخه‌ای عملکرد الیاف فولاد زنگ نزن و فلزی که با الیاف آرامید پوشانده شده است 11

شکل 1-8 آزمایش رطوبتی/ حرارتی چرخه‌ای عملکرد فلزی که توسط الیاف آرامید همراه با لحیم و مواد چسبنده پوشانده شده است 12

شکل1-9 پارچه بافته شده از الیاف کربن 13

شکل1-10 سیم های مسی درون پارچه 15

شکل 1-11 تصویر پارچه‌ای که الیاف نوری در آن جاسازی شده‌اند 16

شکل 1-12 دراین پوشاک هوشمند با بافت حلقوی از نخهای هادی استیل ضد زنگ استفاده شده است که می توان از آن به عنوان یک صفحه کلید استفاده کرد 24

شکل1-13 LED های متصل به پارچه 25

شکل1-14 نواختن موسیقی با لمس پوشاک هادی 25

شکل 2-1 توزیع جریان پارچه هادی مربع شکل a) مقاومت تماسی صفر b) مقاومت تماسی 10Ω c) مقاومت تماسی 10000 Ω 28

شکل 2-2 نسبت میان مقاومت تماسی و مقاومت الیاف و مقاومت پارچه در زاویه های مختلف تماس 29

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

شکل 2-3 پارچه با زاویه 90 درجه 29
شکل 2-4 ساختار پارچه هادی. تولید گرما به علت مقاومت تماسی و توزیع جریان یکنواخت...30
شکل2-5 توزیع گرما به علت توزیع جریان با استفاده از گرمانگاری مادون قرمز..... 31
شکل 2-6 a) مراحل اندازه گیری مقاومت تماسی b) شماتیکی از مدار الکتریکی c) گرمانگار در نقطه تماس در مراحل اندازه گیری 31
شکل 2-7 مشخصه v-i در نقطه تماس (0-100 mA) 32
شکل 2-8 مشخصه v-i در نقطه تماس (0-10 mA) 32
شکل 2-9 مفهومی از مقاومت تماسی..... 33
شکل 2-10 اندازه گیری مقاومت تماسی با استفاده از میکرواهم متر 34
شکل 2-11 روش غیر مستقیم برای اندازه گیری مقاومت تماسی 35
شکل 2-12 یک واحد حلقه و واحد انتخابی به منظور تعیین شبکه مدار..... 36
شکل 2-13 نحوه‌ی قرارگیری نخ‌ها درون فک در حین انجام آزمایش تعیین مقاومت تماسی.. 36
شکل 2-14 نمایی ترسیمی و ساده شده از شبکه‌ی مدار 37
شکل2-15 تغییرات مقادیر مقاومت پارچه حاصل از انجام آزمایش و عملیات شبیه‌سازی در برابر تنش 38
شکل2-16 تغییرات ضخامت پارچه در برابر مقاومت حرارتی 39
شکل2-17 نقطه تماس دو نخ متقاطع..... 41
شکل2-18 تماس میان یک کره و یک نیم فضای الاستیک..... 42
شکل2-19 تماس میان دو کره..... 43
شکل2-20 تماس میان دو استوانه با شعاع مساوی 44
شکل2-21 تماس میان یک استوانه سخت و یک نیم فضای الاستیک 45
شکل2-22 تماس میان یک مخروط سخت و یک نیم فضای الاستیک 45
شکل2-23 تماس میان دو استوانه با محورهای موازی..... 46

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

شکل 3-1 دستگاه میلی اهم متر CROPICO مدل 4002 52
شکل 3-2 پارچه هادی جریان الکتریسیته محصور بین صفحات الکترود..... 53
شکل 3-3 یک واحد از فیلامنت های متقاطع پارچه تاری و پودی تحت تاثیر نیروهای گوناگون
..... 54
شکل 3-4 نمایی از مدار تشکیل دهنده یک واحد از فیلامنت های متقاطع پارچه تاری و پودی
..... 54
شکل 4-1 پارچه هادی جریان الکتریسیته a) یک دید کلی از پارچه هادی b) شماتیکی از طرح بافت تافته c) شماتیکی از مقاومت الکتریکی تماسی d) مدل الکتریکی برای یک تکه پارچه هادی..... 56
شکل 4-2 یک قطعه پارچه هادی شامل دوتار و دو پود محصور در میان دو الکترود 57
شکل 4-3 یک مقاومت الکتریکی خطی 58
شکل4-4 a) سطح مقطع دو فیلامنت متقاطع b) نقطه تماس دو فیلامنت متقاطع 62
شکل4-5 برش تاری پارچه هادی با سطح مقطع دایروی پود (مدل پیرس) 63
شکل5-1تاثیر زاویه تماس بر مقاومت الکتریکی معادل پارچه هادی در نسبت های متفاوت Rc/R برای تراکم تاری و پودی برابر با 8.5 /cm..... 74
شکل5-2 مقاومت الکتریکی معادل پارچه هادی با افزایش طول پارچه هادی در نسبت های متفاوت Rc/R برای a) زاویه 45 درجه b)زاویه 63.5 درجه 75
شکل5-3مقاومت الکتریکی معادل پارچه هادی با افزایش عرض پارچه هادی در نسبت های متفاوت Rc/R برای a)زاویه45 درجه b)زاویه63.5 درجه..... 75
شکل5- 4مقاومت الکتریکی معادل پارچه هادی در نسبت های متفاوت Rc/R برای تراکم تاری و پودی برابر با 8.5 /cm..... 76
شکل 5-5 تاثیر نیرو بر مقاومت الکتریکی تماسی..... 76
شکل 5-6 چگونگی توزیع اختلاف پتانسیل در گره ها و گرمای تولیدی در پارچه هادی 78

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

فصل اول

تعریف و اهمیت موضوع

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1-1 مقدمه

صنعت نساجی به سوی تولید منسوجاتی پیش می رود که علاوه بر کاربردهای معمول به عنوان حسگر و عملگر نیز قابل استفاده باشند. مانند تولید گرما در سرما و بالعکس [1]. حتی طراحان در آینده به دنبال ساخت رایانه هایی هستند که قابلیت پوشیدن را داشته و همواره همراه کاربر باشند [2]. در پزشکی نیز تهیه لباس هایی برای بیماران مد نظر است [3] که بتوانند اطلاعات لازم در مورد بیمار مانند ضربان قلب، فشار خون، قند خون و ... را اندازه گیری نموده و هشدار های لازم را به بیمار اعلام دارند و یا اطلاعات را به صورت خودکار به پزشک معالج منتقل نمایند. اخیرا" لباس هایی طراحی شده اند که مجهز به سیستم GPS می باشند [4] که در نتیجه به کمک این لباس ها می توان موقعیت فرد را در هر مکان و در هر نوع شرایط آب و هوایی مشخص نمود. لباس های آینده وظایفی همچون پخش موسیقی، عمل نمودن به جای کارت شناسایی، قابلیت انتقال فرامین، قابلیت انتقال اطلاعات حیاتی و موقعیت حیاتی و موقعیت مکانی[6-5]، ایجاد ارتباط مخابراتی[7]، تولید نور[8] و ... را بر عهده خواهند داشت.

امروزه منسوج علاوه بر ایفای نقش حیاتی در بسیاری از کاربردهای مهندسی، استفاده اولیه خود را به عنوان صنعت پوشاک حفظ کرده است. باوجودیکه منسوجات هوشمند اخیرا به فهرست لغات نساجی اضافه شده اند باید پذیرفت که این صنعت از سالها پیش بر روی بهبود خواص عملکردی پارچه تمرکز کرده است، منسوجات هوشمند به نمایندگی از نسل جدیدی ازالیاف، پارچه ها و مواد، قادر به احساس تغییرات در محیط اطراف خود می باشند، مانند تغییرات مکانیکی، حرارتی، شیمیایی، الکتریکی، مغناطیسی و تغییرات نوری و سپس با روش های از پیش تعیین شده به این تغییرات پاسخ می دهند. به عنوان مثال الیاف شیمیایی جدیدی کشف شده اند که تغییرات محیطی را حس کرده و عکس العمل نشان می دهند و یا به وسیله چسباندن پوسته بر روی لایه های منسوج پارچه هایی با قابلیت تنفس، ضد آب و ... تولید شده اند و همچنین تکنولوژی بافت سه بعدی راهی برای پیشرفت های فنی نساجی گسترده است.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

در تکنولوژی پوشاک روش هایی با پایه الکترونیکی برای افزودن ویژگی های جدید به پوشاک بوسیله تعبیه انواع مختلف ابزارهای الکترونیکی به پوشاک ابداع شده است. در حال حاضر، بسیاری ازمواد هوشمند مورد استفاده در منسوجات، مانند الیاف فوتونیک، مواد حافظه، مواد رسانا، مواد تغییر فاز، مواد کرومیک، مواد واکنشی مکانیکی، پوشش هوشمند / غشاء، میکرو نانو مواد و مواد فیزوالکتریک توسعه یافته است. با توسعه سریع برق و به ویژه صنعت الکترونیک، مواد نیمه رسانا و رسانای الکتریکی انعطاف پذیر مانند پلیمرهای رسانا، الیاف رسانا، رشته، نخ های روکش دار و مرکب در نساجی راه یافتند. شایان توجه است این مواد نقش مهمی ایفا می کنند و مهمتراز این نقش تحقق سبک وزنی، تعاملات بی سیم وقابلیت پوشش منسوجات الکترونیکی است. انعطاف پذیری پارچه رسانا، می تواند توسط بافت سیمهای نازک از مواد مختلف از جمله برنج و آلومینیوم ایجاد شود؛ این پارچه ها برای درجه بالاتر از رسانایی توسعه یافته اند. منسوجات نیمه رسانا را می توان از طرق مختلفی مانند پارچه های اشباع شده با کربن رسانا یا پودر فلز، الگو چاپ هادی و ... تولید کرد.

امروزه ادغام منسوجات نساجی با الکترونیک در حال پیشرفت است. نمونه ای از کاربرد الکترونیک در البسه هوشمند عبارت است از مادر بورد های قابل پوششی که وظایف مختلفی اعم از کنترل علائم حیاتی شخص و ارسال به یک مرکز کنترل را به عهده دارند. البسه های الکترونیکی قابل پوشش که به نوعی در زمره البسه هوشمند قرار می گیرند، در سالهای اخیر مقبولیت قابل توجهی یافته اند. برای رسیدن به چنین اهدافی منسوجات مورد استفاده باید قابلیت عبور جریان الکتریکی و حرارت را داشته باشند.

در سال های اخیر الیاف و نخ های هادی توجه زیادی را به خود اختصاص داده اند. در زمان های گذشته بیشتر از مواد فلزی برای تولید منسوجات تزئینی استفاده می کردند. درگذشته، نخ های فلزی بیشتر برای ساخت زره با توجه به مقاومت فلز ها استفاده می شد. نخ های فلزی امروزی برای تولید پوشاک صنعتی هوشمند استفاده می شود.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ساختار الیاف، نخ ها و منسوجات هادی جریان الکتریسته مقبولیت بالایی در مواد صنعتی به عنوان مثال سنسور ها، فیلتر ها، جوش دادن پلاستیک، محافظت از تداخل امواج الکترو مغناطیس و انتقال داده ها در پوشاک و همچنین کاربرد نظامی و پزشکی دارد. همچنین افزایش سهم هدایت الکتریکی در نخ ها به منظور اصلاح خصوصیات عمومی ساختار پوشاک و اضافه کردن عملکردهای جدید به آنهاست[9].

2-1 روش‌های انتقال حرارت و جریان الکتریسیته در پارچه

برای رسیدن به چنین اهدافی منسوجات مورد استفاده باید قابلیت عبور جریان (الکتریسیته و حرارت) را دارا باشند. پارچه‌های رسانا به دو روش تولید می‌شوند:

-رساناسازی پارچه با استفاده از چاپ هادی

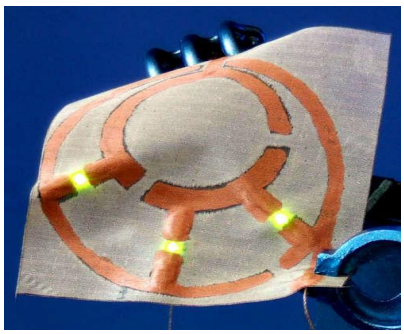
-استفاده از نخ‌های هادی در ساختار پارچه

استفاده از چاپ هادی برای رساناسازی پارچه کم هزینه‌ترین روش موجود است. اما این نوع رساناسازی در برابر شستشو و تغییرات خمشی و کششی پارچه بسیار آسیب‌پذیر می‌باشد. نمونه‌هایی از این روش در شکل 1-1 نشان داده شده است. این روش در قسمت‌هایی از لباس رو (مانند کاپشن) که نیاز به شستشو زیاد ندارد و در بخش‌هایی از لباس که دارای تغییر وضعیت کمی هستند (مانند روی بازو، شانه و...) کاربرد دارد.

شکل 1-1 نمونه‌ای از چاپ هادی [10]

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

چاپ طرحهای مدار گرونه بر سطح پارچه می تواند به عنوان یکی از روشهای اتصال قطعات الکترونیکی به یکدیگر مطرح شود. خمیرهای چاپ بدین منظور عمدتا مخلوطی از پودر فلزات مانند مس و یا نقره به همراه یک رزین پلیمری مناسب بوده که پس از خشک شدن و پخت علاوه بر ایجاد رسانائی بالای الکتریکی از دوام و انعطاف بالائی نیز برخوردارند. اخیرا استفاده از پلیمرهای هادی نیز رواج یافته که بدلیل رسانائی کمتر آنها در مقایسه با فلزات هنوز برای استفاده در تمامی کاربردها مناسب نمی باشند. شکل ذیل نمونه ای از چاپ مس بر سطح پارچه را نشان می دهد.



شکل 1-2 نمونه ای از چاپ هادی بر سطح پارچه که اتصال مابین باتری و لامپهای کوچک را برقرار نموده است.

تکنولوژی چاپ به عنوان مثال چاپ اسکرین و جوهر افشان، برای تولید نمونه های هادی روی مواد مختلف مخصوصا" روی منسوجاتی که سطح صاف دارند، قابل استفاده اند.

استفاده از نخهای هادی در پارچه روش راه‌حل دیگری است که این روش نیز به دو طریق انجام می‌پذیرد:

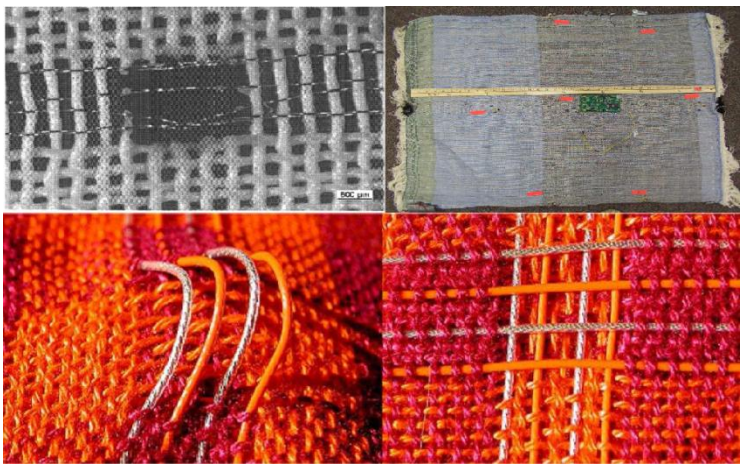
- دوخت نخهای هادی بروی پارچه،
- بافت نخهای هادی در ساختمان پارچه

در دوخت نخ هادی برروی پارچه، قسمتی از پارچه که باید قابلیت انتقال جریان الکتریکی را دارا باشد با نخ فلزی دوخته می‌شود (شکل 1-3).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

شکل 1-3 نمونه‌هایی از دوخت هادی بر روی پارچه [10]

در روش دوم در هنگام بافت پارچه برروی ماشین بافندگی در بافت قسمت‌هایی از پارچه که باید قابلیت عبور جریان الکتریکی را داشته باشند از نخ‌های هادی استفاده می‌شود (شکل 1-4).



شکل1-4 نمونه‌هایی از بافت نخ‌های هادی در پارچه [10]

با توجه به این که در اکثر روش‌ها از نخ‌های هادی برای ایجاد ارتباط الکتریکی در پارچه استفاده می‌شود، صنعت ریسندگی به سوی تولید نخ‌های رسانا پیش می‌رود. در حال حاضر از روش‌های زیر برای تولید نخ‌های هادی استفاده می‌شود:

-استفاده از پلیمرهای هادی جهت تولید الیاف،

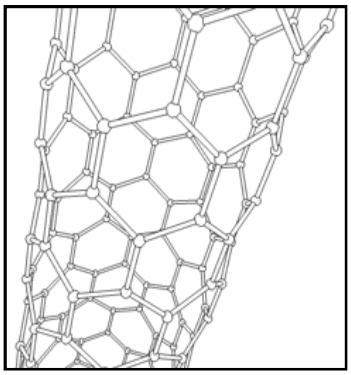
-استفاده از ذرات کربنی در فرآیند ذوب‌ریسی الیاف پلیمری و تولید نخ از طریق تکسچرایزینگ [10].

چند روش از انتقال جریان (حرارتی و الکتریکی) در ادامه بررسی می‌شوند.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1-2-1 نانو لوله های کربنی

CNT[1] (نانو لوله‌های کربنی) چند شکلی کربنی هستند که دارای ساختار نانو می‌باشند که می‌توانند نسبت طول به قطری بزرگتر از 1 میلیون داشته باشند. آن‌ها از خانواده ساختارهای کروی بوده و به طور طبیعی حالت زنجیره‌ای اتصال میان اجزایش را با نیروهای واندروالسی تأمین می‌کنند. تحت فشارهای بالا نانو لوله‌ها می‌توانند با هم ادغام شده و امکان تولید سیمهای قوی و با طول بسیار زیاد را فراهم می‌آورند.



شکل 1-5 ساختار سه بعدی نانو لوله های کربنی تک دیواره[11]

خصوصیات برتر این مولکول‌های کربنی سیلندری شکل کاربرد آن‌ها را در نانوفناوری، الکترونیک، معماری و سایر زمینه های علمی افزایش داده است. این نانو لوله ها به دو دسته لوله‌های تک‌دیواره[2] و لوله‌های چنددیواره[3] تقسیم می‌شوند که نمونه تک دیواره در شکل 1-5 و چند دیواره آن در شکل 1-6 نشان داده شده است.

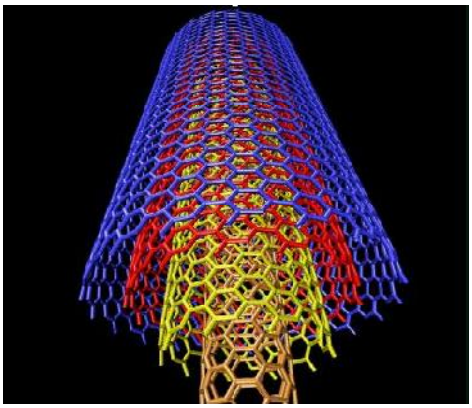
---

[1] Carbon Nano Tubes

[۲] Single-Walled

[۳] Multi-Walled

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شکل 1-6 لوله های نانو کربنی چند دیواره [11]

نانو لوله‌های کربنی قوی‌ترین و سخت‌ترین مواد از نظر استحکام کششی و مدول الاستیک می‌باشند. این استحکام حاصل پیوندهای کووالانسی میان تک‌تک اتم‌های آن می‌باشد. در سال 2000 یک نانو لوله کربنی چند دیواره تحت آزمایش قرار گرفت و در عین ناباوری استحکام کششی معادل 63 گیگا پاسکال (GPa) را نشان داد. این استحکام کششی معادل این است که کابلی از این ماده با سطح مقطع 1 میلیمترمربع قابلیت تحمل وزن یک جسم 6300 کیلوگرمی را دارا است. تحت بارهای کششی بیش‌تر، لوله‌ها تغییر شکل پلاستیک یا دائمی پیدا می‌کنند که این تغییر شکل در ازدیاد طول حدوداً 5% رخ می‌دهد. نانو لوله‌های کربنی تحت بارهای فشاری چندان مقاومتی از خود نشان نمی‌دهند زیرا ساختار توخالی و ضریب رعنایی[4] بالای آنان منجر می‌شود تا در حین اعمال فشار، پیچش و خمش دچار کمانش شوند.

به علت ساختار متقارن و همسان الکتریکی، ساختار نانو لوله‌ها به شدت تحت تأثیر خصوصیات الکتریکی‌اش می‌باشد. از این نظر نانو لوله‌ها به دو دسته فلزی و نیمه-هادی تقسیم می‌شوند که این امر به ساختار نانو لوله برمی‌گردد. به طور نظری نانو لوله‌ی فلزی می‌تواند دانسیته هدایتی بالغ بر 1000 برابر فلزاتی از قبیل نقره و مس داشته باشد.

انتظار می‌رود که تمامی نانو لوله‌های کربنی دارای هدایت حرارت بالایی باشند و رفتاری که با نام ((هدایت پرتابی)) شناخته شده است از خود نشان دهند. چنین پیش‌بینی شده است که

[4] Aspect Ratio

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com