شیمی نساجی

بررسی خواص نوری پارچه پنبه‌ای چاپ شده با پیگمنت ترموکرومیک

سارا نظری[1]/ علی شمس ناتری[1]/فاطمه شاه‌مرادی[2]/لاله اسدی[1]

پیگمنت‌های ترموکرومیک موا دی هستند که رنگ آنها با تغییر دما تغییر می‌کند. پیگمنت‌های ترموکرومیک در مصارف مختلفی مانند پزشکی، صنایع غذایی و دارویی، منسوجات و غیره کاربرد دارند. امروزه از این پیگمنت‌ها در فرآیندهای چاپ و رنگر زی صنعت نساجی استفاده می‌شود.

در این کار تحقیقاتی خواص نو ری پارچه پنبه‌ای چاپ شده با پیگمنت ترموکرومیک آبی بررسی می‌گردد. خواص ترموکرومیک پارچه پنبه ای چاپ شده تحت روشنایی استاندارد D٦٥ و در محدوده دمایی ۲۵ - ٤٥ درجه سانتیگراد ارزیابی شد. برای این منظور تغییر رنگ نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال و تکنیک پردازش تصویر انداز ه‌گیری شد. نتایج حاصله تغییر رنگ قابل توجه را نشان می‌دهد که بیانگر خواص ترموکروم یک پارچه است .

۱-مقدمه

مواد ترموکرومیک، مواد هوشمندی هستند که تغییر رنگ در آنها تابعی از دما بوده و این تغییر برگشت‌پذیر است.

استفاده از این نوع مواد رنگزا در صنعت نساجی نیز توسعه یافته و توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب نموده است.

پیگمنت‌های ترموکرومیک بر اساس ساختار شیمیایی به سه دسته آلی، معدنی و پلیمرها طبقه‌بندی می‌شوند.

در ترموکرومیک‌های معدنی و آلی ، تغییر رنگ در اثر تغییر در ساختار فضایی ناشی از تغییر دما ایجاد شده اما در ترموکرومیک‌های پلیمری تغییر رنگ نتیجه تغییر در توزیع الکترون‌های سیستم مزدوج یا تغییر ساختار مولکولی در اثر گرفتن یا از دست دادن انرژی حرارتی است.

از معایب این مواد ترموکرومیک می‌توان به طولانی بودن عکس‌العمل ماده ترموکرومیک با دما، عدم برگشت‌پذیری، تخریب و ناپایداری به‌ویژه در زمینه

ترکیبات آلی حساس به نور و اکسیژن اشاره نمود. اما با پیشرفت علوم، تحقیق و توسعه ساختارها، تغییراتی در ساختار این مواد حاصل شده و هرروزه افزایش تقاضا برای استفاده از آنها در حوزه‌های مختلف صنعت وجود دارد.

امروزه، استفاده از پیگمنت‌های ترموکرومیک در فرآیند چاپ توجه بسیاری را به خود جلب نموده است.

از کاربردهای مفید این مواد میتوان به تهیه برچسب‌های نگهداری مواد دارویی و غذایی برای تشخیص دمای نگهداری و تعیین سلامتی آنها اشاره نمود. همچنین یکی دیگر از کاربردهای مهم این مواد، ساخت دماسنج‌های اندازه‌گیری درجه حرارت بدن است.

استفاده از این مواد به‌عنوان علائم هشدار دهنده ترافیکی یکی دیگر از موارد استفاده مفید این نوع پیگمنت‌هاست.

در سال ۲۰۱۲ میلادی ابراهیم و همکاران، بهینه‌سازی فرآیند چاپ در صنعت نساجی با استفاده از پیگمنت‌های ترموکرومیک با پایه رنگ احیاء شده را مورد بررسی قرار دادند.

لازم به‌ذکر است که پیگمنت‌های مصرفی به گرما حساس بوده و همچنین دوام رنگ، کمتر از پیگمنت‌های متداول است.

نتایج نشان داد که این نوع پیگمنت‌ها دارای ثبات نوری ضعیفی هستند.در سال ۲۰۲۰ میلادی سیوان و همکارانش به چگونگی کنترل دما توسط پیگمنت‌های ترموکرومیک پرداختند.

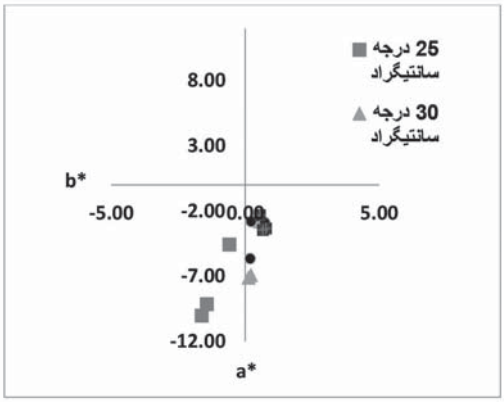
نتایج حاصل از این تحقیقات نشان داد که از پوشش‌های هوشمند ترموکروم یک میتوان به‌منظور کاهش میزان گرما و سرمای ساختمان توسط ایجاد یک محیط با دمای مناسب استفاده نمود.

هدف از این کار تحقیقاتی بررسی خواص ترموکرومیک پارچه پنب های چاپ شده با پیگمنت ترموکرومیک بوده است.

به این منظور فرآیند چاپ با استفاده از پیگمنت ترموکرومیک آبی بر روی پارچه پنبه‌ای انجام شده است. سپس با استفاده از دستگاه (HOT PLATE) تغییرات دمایی نمونه پارچه‌های چاپ شده اندازه‌گیری و توسط دوربین عکاسی ثبت شده است. سپس خواص نوری پارچه پنبه‌ای فوق بررسی گردید. همچنین خواص ترموکرومیک پارچه پنبه‌ای چاپ شده تحت روشنایی استاندارد D۶۵ و در محدوده دمایی ۲۵ – ۴۵ درجه سانتیگراد ارزیابی شد.

جدول ۱. مشخصات نمونه‌های پارچه چاپ زده شده با پیگمنت ترموکرومیک

شماره نمونه	دما (درجه سانتی‌گراد)	غلظت پیگمنت (٪)	L*	a*	b*	C*	h°
۱	25	1	64.38	-0.59	-4.59	4.63	262.63
۲	25	2	62.01	-1.43	-9.15	9.26	261.13
۳	25	3	61.38	-1.62	-10.03	10.16	260.81
۴	30	1	69.98	0.54	-2.81	2.86	280.89
۵	30	2	68.58	0.21	-6.92	6.92	271.74
۶	30	3	66.84	0.13	-7.13	7.13	271.03
۷	36	1	70.93	0.22	-2.82	2.82	274.40
۸	36	2	70.15	0.19	-5.65	5.65	271.90
۹	36	3	69.24	0.73	-2.89	2.98	284.13
۱۰	40	1	71.21	0.54	-2.33	2.39	283.14
۱۱	40	2	68.04	0.77	-3.35	3.44	282.99
۱۲	40	3	68.25	0.66	-3.47	3.53	280.77



شکل ۱. موقعیت نمونه‌ها در دیاگرام رنگ دوبعدی a* و b*

جدول ۲. نتیجه آنالیز واریانس برای روشنایی L*، خلوص C* و فام زاویه‌ای h

منبع	L* روشنایی	C* خلوص	h فام زاویه‌ای
مدل	0.000	0.017	0.018
حالت خطی	0.000	0.017	0.018
دما	0.000	0.019	0.007
غلظت پیگمنت	0.002	0.035	0.605

۲ – مواد و روش‌ها

برای انجام فرآیند چاپ بر روی پارچه پنبه‌ای، مواد مصرفی شامل پیگمنت ترموکرومیک(شرکت ISUOCHEM از کشورچین)، بیندر MTB (شرکت رزین فام)، تثبیت‌کننده FIXATOR KC (شرکت کهن تاج کیمیا)، غلظت دهنده مصنوعی PTE، آلجینات سدیم K۵۰۰ و اوره (شرکت کهن تاج کیمیا) است.

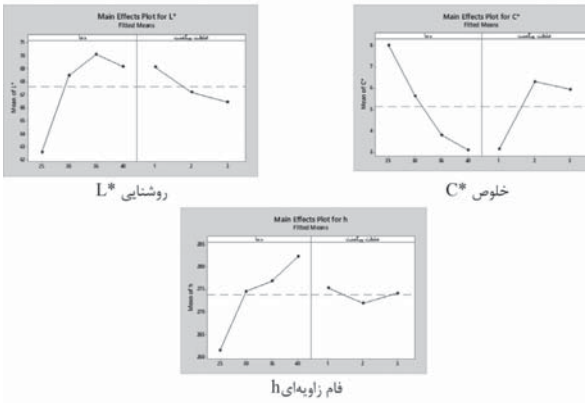
پارچه پنبه‌ای مورد استفاده در این تحقیق پارچه سفیدگری شده با تراکم تار ۵۰ و پود ۲۹ از شرکت یزد باف بود .

برای ساخت خمیر چاپ، ابتدا پیگمنت ترموکرومیک با مقادیر ذکر شده در جدول ۱ با ۵ گرم آب مقطر مخلوط شده و به‌منظور حصول مخلوط یکنواخت ، به‌مدت زمان ۲ الی ۳ دقیقه بر روی همزن مغناطیسی قرار داده شد.

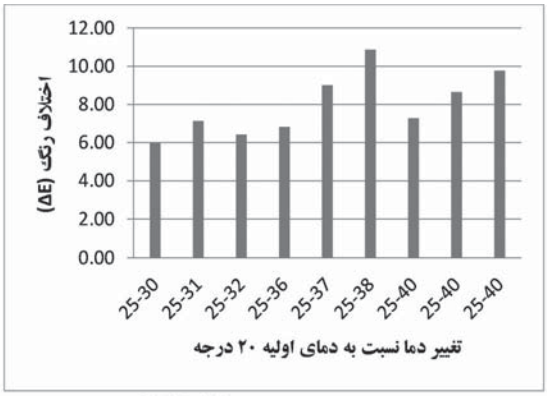
سپس سایر مواد کمکی (بیندر، تثبیت‌کننده، غلظت دهنده مصنوعی یا آلجینات سدیم و اوره) به همراه آب مقطر نیز به این مخلوط اضافه شده و سپس خمیری با غلظت مناسب به دست آمد.

مشخصات نمونه‌های چاپ زده شده با پیگمنت ترموکرومیک در قالب طرح فاکتوریل در جدول ۲ نشان داده شده است.

پس از فرآیند چاپ نمونه‌های مذکور، عملیات خشک‌کردن و تثبیت با استفاده از دستگاه آون مدل MEMMERT در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۳ دقیقه و فرآیند تثبیت با استفاده از



شکل ۲. اثر اصلی غلظت پیگمنت و دما بر روشنایی *L، خلوص *C و فام زاویه‌ای h



شکل ۳. تغییر رنگ در قالب اختلاف رنگ CIELAB برحسب تغییر دما

دستگاه پد ترموزول در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۵ دقیقه انجام گردید. پس از اتمام فرآیندهای خشک و تثبیت، نمونه‌ها در حمام حاوی دترجنت آنیونیک شست‌وشو داده شدند. پس از خشک کردن خواص ترموکرومیک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. برای این منظور نمونه‌ها روی سطح هیتر در داخل

کابینت نوری با شرایط روشنایی D۶۵ قرار داده شد و در این شرایط تغییر رنگ نمونه برحسب دما به کمک دوربین اندازه‌گیری شد. تصاویر ثبت شده توسط دوربین به کمک برنامه پردازش تصویر تحت محیط متلب ابتدا فیلتر گردیدند. سپس، مقادیر RGB به مقادیر *A، *L و *B تبدیل شده و در ادامه خلوص *C و فام زاویه‌ای H محاسبه شد.

۳ - نتایج و بحث

مشخصات رنگی(*B ، *A، *L، *C و H) نمونه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین موقعیت نمونه‌ها در فضارنگ CIELAB در دیاگرام رنگ دوبعدی* B ، *A و در شکل ۱ نشان داده شده است.

نتیجه آنالیز واریانس به کمک برنامه مینی‌تب در قالب جدول ANOVA برای روشنایی *L، خلوص *C و فام زاویه‌ای H در جدول ۲ نشان داده شده است.

در ارزیابی روشنایی *L، با توجه به مقادیر VALUE-P مشاهده میگردد که تغییر مقدار روشنایی *L ناشی از تغییر غلظت پیگمنت و دما در سطح اطمینان ۹۵درصد معنی‌دار است.

تغییر مقدار خلوص *C ناشی از تغییر غلظت پیگمنت و دما در سطح اطمینان ۹۵درصد معنی‌دار است. تغییر فام زاویه‌ای H ناشی از تغییر دما در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است. ولی تغییر فام زاویه‌ای H ناشی از تغییر غلظت پیگمنت در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نیست.

اثرات اصلی غلظت پیگمنت و دما بر روشنایی *L، خلوص *C و فام زاویه‌ای H در شکل ۲ نشان داده شده است.

با توجه به این شکل افزایش غلظت پیگمنت منجر به کاهش روشنایی *L و افزایش خلوص *C میگردد. درحال یکه افزایش دما منجر به افزایش روشنایی *L، کاهش خلوص *C و افزایش فام زاویه‌ای H میشود.

تغییر رنگ در قالب اختلاف رنگ CIELAB برحسب تغییر دما برای غلظت‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است

با توجه به این شکل مشاهده می گردد که اختلاف رنگ بیشتر از ۴ بوده در نتیجه تغییر رنگ زیاد و قابل درک می‌باشد. میزان تغییر رنگ در غلظت بالا بیشتر است.

٤-نتیجه‌گیری

مواد ترموکرومیک، موادی هستند که تغییر رنگ در آنها تابعی از دما است. امروزه پیگمنت ترموکرومیک در فرآیندهای چاپ و رنگرزی صنعت نساجی استفاده می‌شود.

در این پژوهش خواص نوری پارچه پنبه‌ای چاپ شده با پیگمنت ترموکرومیک تحت روشنایی استاندارد D۶۵ و در محدوده دمایی ۲۵ –۴۵ درجه سانتیگراد با استفاده از دوربین دیجیتال و تکنیک پردازش تصویر ارزیابی شد.

نتایج آنالیز آماری طرح فاکتوریل نشان داد، تغییر مقدار روشنایی *L و مقدار خلوص *C ناشی از تغییر غلظت پیگمنت و دما معنی‌دار است.

تغییر فام زاویه‌ای H ناشی از تغییر دما معنی‌دار است، ولی تغییر فام زاویه‌ای H ناشی از تغییر غلظت پیگمنت معنی‌دار نیست به‌طوریکه افزایش غلظت پیگمنت منجر به کاهش روشنایی *L و افزایش خلوص *C می‌گردد درحالیکه افزایش دما منجر به افزایش روشنایی *L ، کاهش خلوص *C و افزایش فام زاویه‌ای H می‌شود. نتایج حاصل تأیید کننده خواص ترموکرومیک پارچه است.

پی‌نوشت:
۱–گروه مهندسی نساجی، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان
۲–گروه مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی ارومیه