بررسی تأثیردمای حمام قلیائی بر برخی خواص پارچۀ مخلوط پنبه ـ پلی استر

سید مجید مرتضوی [۱] و مهری صدیقی پور [۲]

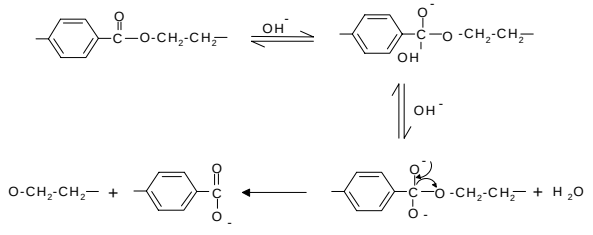
۱- استادیار ، دانشکدۀ مهندسی نساجی ، داشگاه صنعتی اصفهان
۲- کارشناس ارشد ، دانشکدۀ مهندسی نساجی، داشگاه صنعتی اصفهان

چکیده : وجود نواقصی درفرآیند مرسرایزینگ سردکالاهای پنبه‌ای،منجر به ابداع شیوۀ نوینی به نام مرسرایزینگ گرم شد. مرسرایزینگ گرم به طور موفقیت‌آمیزی در مورد مخلوط پنبه با برخی از الیاف دیگر قابل اجرا میباشد. در مخلوط‌های پنبه ـ پلی‌استر، این عملیات از طرفی موجب مرسرایزینگ در جزء پنبه شده و از طرف دیگر باعث آبکافت قلیائی پلی‌استر می شود.در این مقاله، عملیات مرسرایزینگ با محلول هیدروکسید سدیم در ۱۶ دمای مختلف (از ۱۵°C تا ۹۰ °C با گام ۵ درجه) ، در دو حالت تحت کشش و بدون کشش، بر روی پارچۀ مخلوط پلی استرـ پنبه با نسبت ۶۵ به ۳۵ انجام پذیرفت. پس از آن تأثیر دمای حمام قلیائی بر خواص کششی، کاهش وزن و جمع شدگی پارچه مورد بررسی قرارگرفت. عملیات مزبور موجب کاهش وزن در پارچه می شود .کاهش وزن حاصله موجب آزادی بیشتر نخها و در نتیجه بهبود آویزش و زیردست در پارچه میگردد ولیکن از استحکام پارچه می کاهد ، لذا بایستی مقدار بهینه ای برای آن در نظر گرفته شود.در عملیات قلیائی در حالت بدون کشش، آزادسازی تنشهای موجود در پارچه موجب بروز جمع شدگی در کالا خصوصاً در جهت تاری میشود، لیکن نقش کشش در عملیات قلیائی در خواص پارچۀ پنبه ـ پلی‌استر چندان حائز اهمیت نمیباشد.

واژگان کلیدی : مرسرایزینگ گرم، پارچۀ مخلوط پنبه ـ پلی استر، هیدروکسید سدیم، کاهش وزن، استحکام کششی، جمع شدگی پارچه

۱- مقدمه :وجود نواقصی در مرسرایزینگ سرد نظیر عدم نفوذ کامل سود به داخل الیاف و سطحی بودن عمل مرسرایزینگ،نایکنواختی عمل،نیاز به مواد خیس کنندۀ گران قیمت و دستگاههای مبرد جهت خنک کردن سیستم و...، منجر به ابداع شیوۀ نوینی به نام مرسرایزینگ گرم شد که در آن از محلول سود با دمای بالا استفاده می شود[۱،۲،۴،۳]. در مرسرایزینگ گرم درمقایسه با نوع سرد، ویسکوزیتۀ محلول سود و سرعت تورم لیف به میزان قابل ملاحظه ای کاهش می یابد و همین امرباعث میشودکه نفوذ سود به داخل هسته سریعتر و یکنواخت تر صورت گیرد و بدون نیاز به مصرف موادخیس کننده،درصد بیشتری ازالیاف،مرسریزه و اصلاح میشوند [۵] .

الیاف پلی استر علیرغم داشتن خواص مطلوبی نظیراستحکام زیاد،ثبات ابعادی،مقاومت سایشی خوب و... ، دارای معایبی نظیرآبگریزی،روغن دوستی،کم بودن جذب رطوبت وچسبیدن به پوست،چرک پذیری، زیردست غیرطبیعی و تولید الکتریسیتۀ ساکن می باشند. استفاده از سود از جمله روشهای کاربردی جهت اصلاح پلی استر میباشد[۶]. پلی استر طی یک واکنش هسته دوستی ، به وسیلۀ هیدروکسیدسدیم هیدرولیز میگردد . در این واکنش یونهای هیدروکسیل به گروه کربونیل که دارای کمبود الکترون است، حمله کرده وتشکیل یک آنیون واسطه میدهد . به دنبال آن زنجیر پلیمری پاره شده و تشکیل گروههای انتهایی هیدروکسیل و کربوکسیل میدهد [۷،۶]. زرونیان واکنش سود با پلی‌استر را به صورت زیر نشان داد[۸] :



این عملیات باعث جذب بهتررطوبت ،کاهش چرک پذیری،کاهش پرزدهی ، افزایش مقاومت سایشی، کاهش وزن و بهترشدن زیردست پارچه شده و زیردستی نرم وابریشم گونه به آن میدهد[۷] .

عمل کردن پارچه های مخلوط پنبه ـ پلی‌استر با محلول قلیائی داغ درشرایط مناسب،منجربه دستیابی به یک هدف دوگانه درمخلوط میشود.به این ترتیب که ازیک طرف باعث مرسرایزینگ گرم درجزء پنبه شده وازطرف دیگر باعث ابریشم گونه شدن زیردست پلی‌استر و بهبود خواص آن میگردد[۱۲،۱۱،۱۰،۹،۸] .

در این مقاله تأثیر محلول قلیائی هیدروکسیدسدیم در دماهای مختلف بر برخی خواص پارچهٔ مخلوط پنبه ـ پلی‌استر مورد بررسی قرار گرفته است .

۲- اساس تجربی :

۲-۱- مشخصات پارچهٔ مصرفی :

پارچهٔ مورد استفاده ، پارچه پلی استر ـ پنبه با نسبت ۶۵ به ۳۵ با بافت تافته و مشخصات ذکر شده درجدول (۱) می باشد .

جدول (۱) : مشخصات پارچهٔ مصرفی

نمره نخ تار (Ne)	نمره نخ پود (Ne)	تاب در مترنخ تار	تاب در مترنخ پود	تراکم تاری(۱/cm)	تراکم پودی(۱/cm)	وزن متر مربع(gr)
۳۲	**۱۸**	**۲۱۷Z**	**۳۷۶Z**	**۳۳**	**۲۳**	**۱۳۷**

۲-۲- مواد مصرفی :

اسید استیک ۹۸٪ ، اسید کلریدریک و کربنات سدیم ساخت شرکت Merck ، سود پرک شده ساخت شرکت Solivay ، دترجنت Avolan IW با پایهٔ شیمیائی آلکیل پلی گلیکول اتر ساخت شرکت Bayer

۲-۳- دستگاهها و وسایل مورد استفاده :

دستگاه اندازه گیری استحکام ZWICK مدل1446 MATERIAL PRUFUNG با سیستم CRE ، دستگاه استنتر ساخت شرکت WERNER MATHIS AG ، دستگاه رطوبت سنج SARTORIUS مدل 11401125 MA40-00V2

۲-۴- آماده سازی پارچه ها :

پارچهٔ مصرفی در این تحقیق پارچهٔ آهاردار از نوع CMC بوده و عملیات شستشو بر روی این پارچه مطابق باشرایط جدول(۲) انجام گردید[۱۳] .سپس نمونه ها در هوای آزاد خشک و در دمای ۲۰۰°c ، به مدت ۳۰ ثانیه در دستگاه استنتر تثبیت حرارتی گردیدند .

۲-۵- قلیائی کردن نمونه ها :

در این مرحله ابتدا حمام قلیائی که محتوی محلول سود با غلظت۲۶۰gr/li بود، آماده شد و با استفاده از روش حجم سنجی محلول سود با اسید کلریدریک ۱ نرمال ، غلظت دقیق محلول قلیائی کنترل گردید . بر روی نمونه ها ، علامت هائی با فواصل مشخص در دو جهت تار و پود به منظور اندازه گیری درصدجمع شدگی ، دوخته شد . نمونه ها در دو حالت تحت کشش و بدون کشش در محلول سود با غلظت مشخص، در دما و زمان معین مطابق با شرایط ذکرشده درجدول (۳)غوطه ور شدند، سپس ابتدا با آب ۶۰°c و به دنبال آن با آب سرد ، به منظور خارج کردن قلیا از پارچه ، شستشو داده شدند . نهایتاً جهت خنثی سازی قلیائی احتمالی باقیمانده ، نمونه ها در محلول اسید استیک ۱٪ به مدت ۴ دقیقه غوطه ور و پس از آن با آب سرد آبکشی و در آخر در هوای آزاد خشک شدند .

جدول (۲) : شرایط و مواد مصرفی در شستشو

صابون نان یونیک – آنیونیک (g/L)	۱
کربنات سدیم(g/L)	۱
نسبت حجم حمام به وزن کالا (L/R)	۳۰:۱
دما (°C)	۶۰
زمان (min)	۶۰

جدول(۳) : شرایط کاربردی در عملیات قلیائی

غلظت سود (g/L)	۲۶۰
نسبت حجم حمام به وزن کالا (L/R)	۳۰:۱
زمان (min)	۵
دما (°C)	از ۱۵ تا ۹۰ با گام ۵ درجه

۲-۶- اندازه گیری استحکام :

از هر سری ،۵ نمونه به ابعاد ۱۵×۲/۵ cm در دو جهت تار و پود جدا گردید و در شرایط استاندارد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد ، سپس طبق استاندارد (1975) 64- ASTM D1682 نیروی پارگی و ازدیاد طول نمونه ها توسط دستگاه zwick اندازه گیری شد . سرعت ازدیاد طول برای نمونه های تاری ۴۵ mm/min و برای نمونه های پودی ۷۵ m/min در نظر گرفته شد .

۲-۷- اندازه گیری درصد کاهش وزن :

وزن خشک نمونه ها قبل و بعد از واکنش با دستگاه رطوبت سنج Sartorius اندازه گیری شد .این دستگاه با سیستم IR نمونه ها را خشک و وزن آنها را ارایه میدهد . سپس درصد کاهش وزن نمونه ها مطابق رابطهٔ (۱) محاسبه گردید که در این رابطه W_1 وزن خشک نمونه قبل از آزمایش و W_2 وزن خشک نمونه بعد از آزمایش می باشد .

رابطهٔ (۱) $$\text{درصد کاهش وزن} = (W_1-W_2)/W_1 \times 100$$

۲-۸- اندازه گیری درصد جمع شدگی:

فاصلهٔ بین علامت های دوخته شده روی پارچه ها قبل و بعد ازعملیات قلیائی، اندازه گیری و درصد جمع شدگی مطابق رابطهٔ (۲)محاسبه گردیدکه در این رابطهL_1 فاصلهٔ بین علامت ها قبل از آزمایش وL_2 فاصلهٔ بین علامت ها بعد از آزمایش می باشد .

رابطهٔ (۲) $$\text{درصد جمع شدگی} = (L_1-L_2)/L_1 \times 100$$

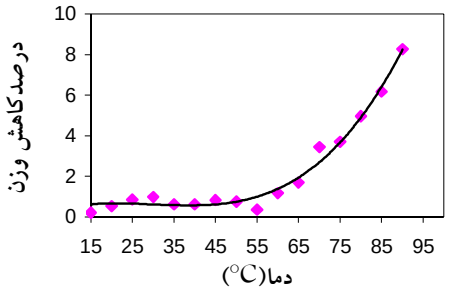
۳- بحث و بررسی نتایج :

۳-۱- بررسی تأثیر عملیات قلیائی بر کاهش وزن پارچه :

همانگونه که در شکل(۱) ملاحظه میگردد، دراثر افزایش دما ، کاهش وزن نیز افزایش می یابد. با استفاده از نرم افزار excel مشاهده شد که روند تغییرات درصد کاهش وزن بر حسب دمای حمام قلیائی از یک رابطهٔ نمائی (رابطهٔ ۳) با ضریب همبستگی ۰/۹۸ پیروی می‌کند ، بدین ترتیب که نرخ افزایش کاهش وزن تا حدود دمای ۶۰°c پائین بوده در حالیکه با افزایش دما به مقادیر بالاتر، کاهش وزن به طور چشمگیری افزایش یافته است .

رابطهٔ (۳) $$y = 4E\text{-}05x^3 - 0.0033x^2 + 0.091x - 0.1157$$

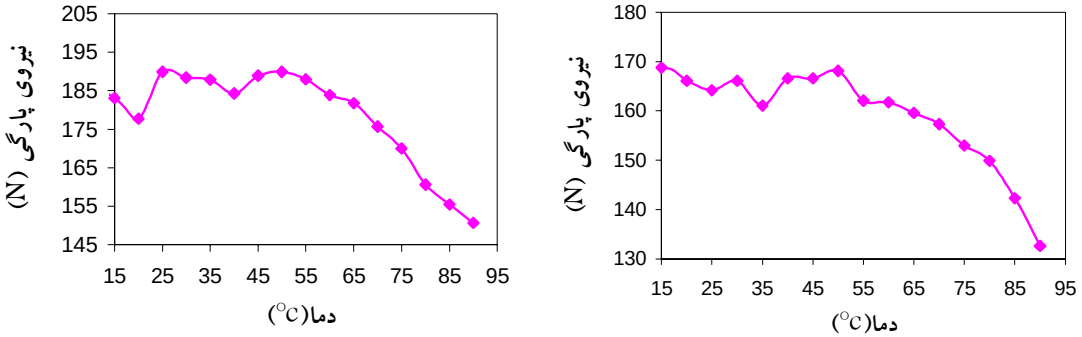
رفتار کاهش وزن حاصله در جزء پنبه و پلی‌استر موجود در مخلوط کاملاً متفاوت می‌باشد . از ویژگی های بارز الیاف پنبه ، ظرفیت تورم زیاد درآنها بدون حل شدن میباشد که به علت وجودلایهٔ محافظ کوتیکول در ساختارشان می باشدو چنانچه لایهٔ مزبور نبود لیف پنبه دراثر تورم ناشی از مرسرایزینگ به صورت محلول درمیآمد [۱۴] . تحقیقات صورت گرفته حاکی از آنست که در مرسرایزینگ گرم پارچه‌های ۱۰۰٪ پنبه در غلظت۲۶۰g/l و زمان ۵ دقیقه ، با افزایش دما از۱۵°c به ۹۰°c تغییرمحسوسی در کاهش وزن نمونه‌های پنبه ای حاصل نمی شود [۱۵] و اما درجزء پلی‌استر در اثر هیدرولیز قلیائی ، یونهای هیدروکسیل به گروه کربونیل حمله کرده و به دنبال آن زنجیر پلیمری پاره می‌شود . در این حالت اجزائی با وزن مولکولی کم پدید می‌آیند که در محیط واکنش محلول بوده وباعث کاهش وزن در الیاف می‌گردد. در این الیاف با افزایش دما، سرعت واکنش به تدریج افزایش یافته ویک افزایش ناگهانی در دماهای بالا وخصوصاً در محدودهٔ درجه حرارت شیشه ای پلی‌استر رخ داده که به حرکت بیشتر زنجیرهای پلیمری و راحتتر جدا شدن زنجیرهای هیدرولیز شده ونیز به افزایش انرژی سینتیک یونهای هیدروکسیل نسبت داده شده است [۷،۶].



شکل(۱) : نمودارتغییرات درصدکاهش وزن نمونه‌های قلیائی شده برحسب دمادرغلظت C=260g/l و زمان t=5min

۳-۲- بررسی تأثیر عملیات قلیائی بر استحکام کششی پارچه :

با ملاحظهٔ شکل (۲) ، مشاهده میشودکه تا دمای ۵۰°c ، تغییرات استحکام نسبت به دما چندان محسوس نبوده ولی در دماهای بالاتر،با افزایش دما نیروی پارگی به شدت کاهش می‌یابد. در جزء پلی‌استر ، در اثر عمل کردن الیاف با محلول قلیائی هیدروکسیدسدیم قطر الیاف کاهش می‌یابد. کاهش قطر الیاف که خود منجر به کاهش وزن میشود از جمله عوامل اصلی در کاهش نیروی پارگی به شمار میرود.به علاوه عملیات هیدرولیز قلیائی پلی‌استر، باعث به وجود آمدن حفره‌هائی در سطح الیاف در اثر خوردگی‌های موضعی و پاره شدن زنجیرهای پلیمری میشود . وجود این حفره‌ها نیز باعث کاهش استحکام در الیاف میگردد ، چرا که به عنوان نقطه ای ضعیف در طول الیاف عمل می نمایند[۱۷،۱۶].در مورد جزء پنبه ،تحقیقات صورت گرفته [۱۵]مبین اینست که استحکام کالای ۱۰۰٪ پنبه ای پس از مرسرایزینگ تحت شرایط مزبور ، افزایش می یابد و علت این افزایش را به کاهش زاویهٔ پیچش در امتداد محور طولی الیاف نسبت داده‌اند.لیکن بررسی شکل(۲) هیچ افزایشی در نیروی پارگی که ناشی از افزایش استحکام در جزء پنبه باشد،نشان نمیدهد. بنابراین نتیجه گرفته میشود که نقش کاهش نیروی پارگی در اثرکاهش وزن ، بر افزایش نیروی پارگی ناشی از مرسرایزینگ در جزء پنبه غالب میباشد که به علت کمتر بودن نسبت جزء پنبهٔ موجود در مخلوط در مقایسه با جزء پلی‌استر می باشد.

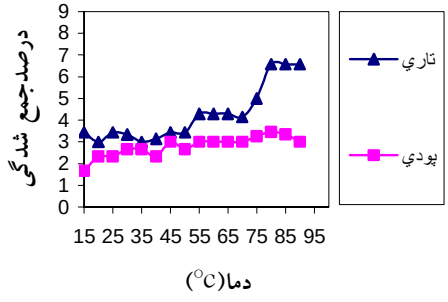


(۲b) (۲a)

شکل(۲) : نمودار تغییرات استحکام تاری(۲a)و پودی (۲b) نمونه‌های قلیائی شده بر حسب دمادر غلظت C=260g/l و زمان t=5min

۳-۳- بررسی تأثیر عملیات قلیائی بر درصد جمع شدگی پارچه :

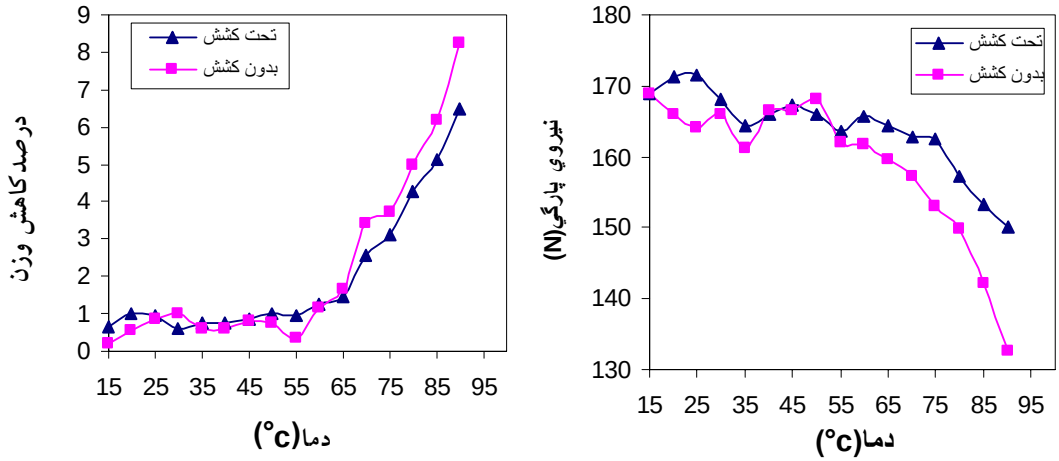
در شکل (۳) ملاحظه میشودکه با افزایش دما ، درصد جمع شدگی در پارچه افزایش می یابد که به علت آزادسازی تنشهای موجود در پارچه میباشد. علاوه بر این،کاهش قطر الیاف پلی استر و تورم در الیاف پنبه پس از قلیائی کردن نیز منجر به جمع شدگی میشود. شرایط حاکم بر عملیات قلیائی باعث تورم پنبه شده و چون سطح خارجی الیاف پنبه از لایهٔ الاستیک کوتیکول تشکیل شده است ، لذا تورم مزبور منجر به جمع‌شدگی درکالا می گردد. در مورد پلی‌استر، در اثرعملیات قلیائی ، قطر الیاف کاهش می‌یابد.کاهش قطر در الیاف و وجود تاب در نخ، باعث فروریختگی نخ و بروز جمع‌شدگی درآن میگردد. جمع شدگی درجهت تار به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از جهت پودی می‌باشد و علت آنرا میتوان به این امر نسبت داد که تنش‌های موجود در پارچه در جهت تار بیشتر از پود می‌باشد .



شکل(۳) : نمودار تغییرات درصد جمع‌شدگی نمونه‌های قلیائی شده برحسب دما در غلظت C=260g/l و زمان t=5min

۳-۴- بررسی تأثیر کشش در عملیات قلیائی بر استحکام کششی و کاهش وزن پارچه :

جهت بررسی تأثیر کشش در عملیات قلیائی، نتایج حاصله از دو روش تحت کشش وبدون کشش، توأماً در یک نمودار رسم ونتایج حاصل در شکل(۴) ارائه شده است .همانگونه که در شکل (۴a) ملاحظه میشود ، میزان کاهش وزن در حالت بدون کشش اندکی بیشتر از حالت تحت کشش می‌باشد و در نتیجه انتظار میرود که نیروی پارگی در حالت تحت کشش بیشتر از بدون کشش باشد که شکل (۴b) تأییدکنندهٔ همین امر میباشد و به علت اینست که با اعمال کشش در پارچه، میزان نفوذ محلول سود به داخل کالا کاهش یافته و در نتیجه درصد کاهش وزن کم میشود.البته میزان این اختلاف،یعنی اختلاف بین مقادیرکاهش وزن و نیروی پارگی در دو حالت تحت کشش و بدون کشش، چندان محسوس و قابل ملاحظه نمی‌باشد. به طور کلی میتوان گفت، نقش کشش در خواص پارچهٔ پنبه ـ پلی‌استر قلیائی شده،چندان حائز اهمیت نبوده در حالیکه در پارچه‌های ۱۰۰٪ پنبه‌ای، اعمال کشش، باعث اختلافات بارزی در نتایج حاصله در مقایسه با حالت بدون کشش می‌شود .



(۴a) (۴b)

شکل(۴) : نمودارهای تغییرات درصد کاهش وزن و استحکام تاری نمونه‌های قلیائی شده بر حسب دما در غلظتC=260g/l و زمانt=5min

۴- نتیجه گیری :

انجام عملیات قلیائی در دماهای بالا وخصوصاً در حدود دمای شیشه ای پلی استر وبالاتر از آن موجب کاهش وزن در مخلوط پنبه ـ پلی‌استر می‌گردد که بخش عمدهٔ آن به جزء پلی‌استر موجود در مخلوط نسبت داده می‌شود. کاهش وزن حاصله در مخلوط پنبه ـ پلی‌استر، عامل اصلی درکاهش استحکام در پارچهٔ قلیائی شده به شمار میرود، علاوه براین، حفره های سطحی حاصله در جزء پلی‌استر هیدرولیزشده نیز به عنوان نقاطی ضعیف در طول الیاف عمل نموده و موجب تضعیف پارچه و کاهش نیروی پارگی میگردند. با افزایش کاهش وزن در نمونهٔ قلیائی شده ،زیردست پارچه به علت آزادی بیشترنخها و آویزش بهتر پارچه بهبود می‌یابد ولیکن از استحکام پارچه کاسته شده و باعث تضعیف آن می‌گردد،لذا بایستی مقدار بهینه ای برای آن بر اساس زیردست و استحکام مطلوب مدنظر قرارگیرد . درحین تولید نخ و پارچه، الیاف در اثر نیروهای کششی وارده،فرم جدیدی به خود می گیرند .انجام عملیات قلیائی منجر به آزادسازی تنش‌های موجود درساختار پارچه شده که خود را به صورت جمع شدگی نشان میدهد.با افزایش دمای حمام قلیائی، درصدجمع شدگی افزایش می‌یابد که میتوان آن را به تشدید حالت Relaxation در کالا نسبت داد . تحقیقات صورت گرفته حاکی از آن بود که نقش کشش در عملیات قلیائی در خواص پارچهٔ پنبه ـ پلی‌استر چندان حائز اهمیت نمی باشد .

مراجع :

[1] Niaz, A. , Tahir, K.D. , " *Mercerize Warm* " , Textile Horizons, Vol. 5, No. 2, PP. 20-21, February, 1985.

[2] Niaz, A. , Tahir, K.D. , " *Effect of Temperature of Alkali Solution on Mercerization* " , Textile Research Institute, PP. 772-774, 1989.

[3] Ruznak, I. , " *Hot Mercer*izing " , American Dyestuff Reporter, Vol. 64, PP. 24-25, September, 1975.

[4] Duckworth, C. , Wrennall, L.M. , " *Proceedings: Process Advantages and Economics of Hot Mercerizing / Flash Scouring* " , J.S.D.C. ,Vol. 93, No. 11, PP.407- 412, November , 1977

[5] Brinkman, K. , " *A New Ecological and Economical Mercerizing Process* " , ITR, Dyeing, Printing, Finishing, Vol. 38(fourth-quarter), PP.1-7, 1992

[6] Latta, B.M. , " *Improved Tactile and Sorption Properties of Polyester Fabrics through Caustic Treatment* " , T.R.J. ,Vol. 54, PP. 766-775, 1984.

[7] Houser, K.D. , " *Caustic Reduction of Polyester Fabrics* " , Textile Chemist and Colorist, Vol. 15, PP. 70-73, 1983.

[8] Shet, R.T. , Zeronian, S.H. , Siddiqui, S.A. , Needles, H.L. , " *Modification of Polyester and Polyester/Cotton by Alkali Treatment* " , Textile Chemist and Colorist, Vol. 14, PP. 233-237, November 1982.

[9] Rusznak, I. , " *Hot Mercerizing of Cotton and Polyester/Cotton Knitted Fabrics* " , Industrie-Textile, No.1149, PP. 1029-1030, November 1984.

[10] Needles, L. , Brook ,B. , Keighley, H. , " *How Alkali Treatments Affect Selected Properties of Polyester,Cotton and Polyester/Cotton Fabrics* " , Textile Chemist and Colorist, Vol. 17, No.7, PP. 177-180, July,1985.

[11] Shet, R.T. , Zeronian, S.H. , Needles, H.L. , " *Modification of Polyester-Cotton Blend Fabrics by Hot Alkali Treatment* " , Blended Textile, Papers of the 38 th All India Textile Conference , PP. 261-268, 1981.

[12] Barella, A. , Manish, M.A. , " *Mercerizing of Cotton and Cotton-Polyester Rotor Yarns, It's effect on mechanical characteristics of yarns as a function of total draft and twist applied in spinning* " Blended Textile, Papers of the 38 th All India Textile Conference , PP. 250-260, 1981.

[13] Buchholz, S. , Schönpflug, E. , Würz,A. , Dyeing and Finishing of Polyester Fibres and Polyester Fibre Blends, BASF, Communication from Textile Laboratories of the Badische Anilin & Soda-Fabric AG, Ludwigshafen am Rhein , 1966.

[14] Lewin, M. , Sello, S.B. , Hand Book of Fiber Science and Technology, Vol. I, Part A, Chemical Processing of Fibers and Fabrics, Marcel Dekker, New york, 1983

[15] صدیقی، ش. ، " بررسی تأثیر مرسرایزینگ گرم بر خواص پارچهٔ ۱۰۰٪ پنبه‌ای" ، دانشکدهٔ مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان، پروژهٔ کارشناسی ارشد، ۱۳۸۱.

[16] Dave, I. , Kumar, R. , Stivastave, H.C. , " *Studies on Modification of Polyester Fabrics I:Alkaline Hydrolysis* " , J.of.Appl.Polym.Sci. , Vol. 33, PP.455-477, 1987.

[17] Zeronian, S.H. , Collins, M.J. , " *Surface Modification of Polyester by Alkaline Treatment* " , Textile Progress, Vol. 20, No. 2, PP. 1-29, 1989.