تاثیر توزیع نسبت کشش در کشش دو مرحله ای غیر مداوم بر خواص فیزیکی و ساختاری نخ یکسره پلی آمید 6

محمدرضا محدث مجتهدی[۱]، محمدعلی توانایی[*۲]، مجید تلوحسینی[۳]

۱. استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۲. دانشجوی دکترای مهندسی نساجی ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

چکیده:

نخهای صنعتی یکی از محصولات صنایع نساجی می باشد که امروزه کاربردهای زیادی پیداکرده است. از جمله کاربردهای این نخها در تولید تورهای ماهیگیری می باشد. نخ یکسره پلی آمید 6 با استحکام نسبتا" زیاد یکی از محصولات شرکت الیاف ایران می باشد که در بافت این قبیل تورها مصرف می شود.

یک روش نامرسوم تولید نخهای یکسره صنعتی، عملیات کشش یک مرحله ای با نسبت کشش زیاد تر از نخهای مورد مصرف در صنایع نساجی می باشد. این روش سبب ایجاد پارگی، کاهش تولید نخ درجهٔ یک و کاهش برخی از خصوصیات فیزیکی می شود. به این منظور در این تحقیق، دو متغیر توزیع نسبت کشش و دمای تثبیت در کشش دو مرحله ای غیر مداوم مورد بررسی قرار گرفت و نتایج بر اساس برخی خواص ساختاری(آرایش یافتگی، شاخص تبلور) و فیزیکی (استحکام، مدول اولیه، ازدیادطول تا حدپارگی، جمع شدگی)مورد اندازه گیری در هر مرحله، تحلیل گردید.

افزایش نسبت کشش در مرحله اول سبب ایجاد ساختاری کاملتر و در نتیجه افزایش قابلیت کشش مرحله دوم می گردد و خواص فیزیکی و ساختاری بهتری را ایجاد می نماید. اعمال دمای تثبیت در دو مرحله نسبت به شرایط عادی(دمای محیط) تغییرات فاحشی در خواص فیزیکی ایجاد نکرد لیکن سبب کاهش درصد جمع شدگی گردید. در مجموع با توجه به تغییرات مذکور، کشش دو مرحله ای غیر مداوم در مقایسه با کشش یک مرحله ای نمی تواند سبب بهبود خواص فیزیکی و ساختاری نخ یکسره پلی آمید 6 گردد.

واژگان کلیدی: نسبت کشش، کشش دو مرحله‌ای غیر مداوم، نخ یکسره پلی‌آمید6، خواص ساختاری، خواص فیزیکی

1- مقدمه

عملیات کشش یک فرآیند مهم برای الیاف نکشیده می باشد. الیاف نکشیده تحت تأثیر نیروی بسیار کم تغییر شکل غیر قابل برگشت می دهند و مقدار استحکام بسیار کمی دارند، در نتیجه چنین موادی مناسب برای کاربردهای نساجی و صنعتی نمی باشد.

در فرآیند کشش زنجیره های مولکولی الیاف هم راستا و هم جهت با محور لیف شده و در نتیجه استحکام نهایی بالا می رود و همچنین باعث تغییر شاخص تبلور الیاف و بعضی اوقات تغییر شکل بلورها می گردد. افزایش در نسبت کشش به منظور آرایش یافتگی بیشتر زنجیرها همراه با افزایش استحکام و مدول و ایجاد ثبات ابعادی در الیاف می‌باشد.

برای بدست آوردن نخ های با استحکام زیاد از پلیمرهای پلی آمید، پلی استرو پلی پروپیلن از عملیات کشش دو مرحله ای استفاده شده است. زیرا هر چه کشش در یک مرحله بیشتر گردد سرعت افت تنش خیلی کندتر می گردد و طیف زمانی، زمانهای افت تنش پهن تر می

* مسئول مکاتبات ، پیام نگار : matavanaie@aut.ac.ir

گردد و با افزایش نیروی کشش، توزیع بار اعمالی بر روی زنجیرها بیش از پیش غیریکسان شده که پارگی را بهمراه خواهد داشت بنابراین بهتر است نسبت کششهای زیاد را با توجه به دمای هر مرحله از کشش، توزیع نمائیم تا حداکثر مقدار استحکام بدست آید.
Wang و همکاران [2,3]در تحقیقات خود درباره الیاف پلی پروپیلن نشان دادندکه با انتخاب الیاف نو–ریس پاراکریستال با آرایش یافتگی کم و اعمال شرایط مناسب کشش در کشش دو مرحله ای می توان به الیاف با استحکام زیاد ($85\,cN/tex$) دست یافت.
Evstaiev , Fakirov [4] نشان دادند با استفاده از کشش دو مرحله ای سرد بر روی پلی استر که بدنبال هر مرحله از کشش عملیات آنیلینگ در دمای بالا انجام شده است می‌توان به پلی استر با استحکام زیاد دست یافت.
Hobss , Lesser [5] در تحقیقات خود در مورد پلی استر نشان دادند که بوسیله کشش دو مرحله ای واستفاده از گاز co_2 در فشار زیاد می‌توان به نسبت کششهای زیاد دست یافت والیاف عمل شده با co_2 دارای استحکام و مدول زیادی می‌باشند.
در تحقیق حاضر ،تاثیر توزیع نسبت کشش ،در کشش دو مرحله ای بر روی ساختار وخواص فیزیکی نخ یکسره پلی آمید 6 برای رسیدن به الیاف با استحکام و مدول بیشتر موردمطالعه و ارزیابی قرار گرفته وسعی شده است که با انجام این آزمایشات شرایط بهینه کشش در کشش دو مرحله ای تعیین گردد .

2- تجربی

2-1- مواد اولیه

ماده اولیهٔ مورد استفاده نخ چند رشته ای یکسره و نو–ریس (As-spun) پلی آمید 6 محصول شرکت الیاف بوده است، نظر به این که مراحل مختلف این تحقیق در زمان کوتاه، امکان پذیر نبود و نخ نایلون کشیده شده در محدودهٔ زمانی کوتاهی باید تحت کشش قرار می گرفت لذا امکان استفاده از مادهٔ اولیه یکسان در بخش های مختلف تحقیق وجود نداشت.

2-2-روش تولید نمونه ها

در تولید نمونه ها از دستگاه کشش مدل J5/5 ساخت شرکت سوئیسی ریتر(Rieter) استفاده گردید. این دستگاه از غلتکهای تغذیه، تولید، یک پین سرامیکی سرد و سیستم تاب دهنده رینگ و شیطانک تشکیل یافته است.
نسبت کششهای اعمالی به نخ فیلامنتی در کشش دو مرحله ای با توجه به محدودیت های موجود در شرکت الیاف مطابق جدول (2-2)می باشد.

جدول (2-2): نسبت کششهای اعمالی به نخ فیلامنتی نو– ریس مورد استفاده .

D.R.1	2/106	2/352	2/631	2/986	3/367	4/451
D.R.2	2/106	1/895	1/691	1/492	1/323	1

D.R.1 : نسبت کشش مرحله اول
D.R.2 : نسبت کشش مرحله دوم

برای بررسی تغییرات دمای تثبیت از یک پین داغ شونده با جریان الکتریسیته ساخت شرکت آلمانی آکزونوبل(Akzonobel) و یک کنترل کننده حرارتی ساخت شرکت ایرانی اتبین (Atbin) که دما را با دقت ± 1 درجه سانتی‌گراد کنترل می نمود ،استفاده گردید.
دماهای مورد استفاده در مرحله اول کشش با نسبت کشش بهینه (20-60-120 درجه سانتیگراد) و دماهای مرحله دوم کشش (20-60-90-120-150-180 سانتیگراد) بوده است.

2-3- روش ارزیابی خواص نمونه ها

2-3-1- دانسیته خطی

دانسیته خطی تمام نمونه ها به وسیله یک کلاف پیچ با محیط 1 متر و با یک تنش یکسان مورد اندازه گیری قرار گرفت و برای هر نمونه 10 کلاف 100 متری تهیه و توزین گردیده و سپس میانگین 10 آزمایش محاسبه و گزارش گردیده است.

2-3-2- خواص کششی

خواص کششی نمونه ها از جمله استحکام، ازدیاد طول تا حد پارگی، مدول اولیه و غیره با استفاده از دستگاه Statimat مدل 41066 ساخت شرکت آلمانی Textechno اندازه گیری گردید. این دستگاه بر اساس نرخ ثابت افزایش طول (C.R.E) کار می کند و تنظیمات آن بدین ترتیب می باشد که فاصله فکها برای نخ های نو-ریس 100 میلی متر و برای نخهای کشیده 500 میلی متر قرارداده شد، تنش اولیه (./1 cN/tex) و سرعت حرکت فک پائینی 800 میلی متردر دقیقه تنظیم گردید.

2-3-3- جمع شدگی

اساس روش اندازه گیری میزان جمع شدگی استاندارد DIN به شمارهٔ 53840 می باشد ، خلاصه این روش بدین ترتیب است که ابتدا با توجه به دانسیته خطی محاسبه شده برای هر نمونه و برای داشتن شرایط وزنی یکسان در نمونه ها،تعداد دور کلافها با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد:

تعداد دور کلاف لازم در آزمایش = 2500/(dtex×2)

dtex:واحد دانسیته خطی مورد ارزیابی می باشد.

طول کلاف تحت تنش 0/1 سانتی نیوتن برتکس اندازه گیری شده و این طول ، L_1 نامیده می شود، آن گاه کلاف به صورت آزاد از تنش ،درون یک آون (oven) با حرارت خشک به مدت 10 دقیقه در دمای 120^{oC} قرار می گیرد.

پس از سرد شدن نمونه در محیط ،مجدداً طول کلاف تحت تنش 0/1 سانتی نیوتن برتکس اندازه گیری شده و این طول ، L_2 نامیده می شود. درصد جمع شدگی از رابطهٔ زیر محاسبه می شود:

$$\%S_h = (L_1 - L_2) / L_1$$

برای هر نمونه 5 آزمایش جمع شدگی انجام شده است.

2-3-4- ضریب شکست مضاعف الیاف

ضریب شکست مضاعف الیاف نوریس و کشیده شده با استفاده از میکروسکوپ تداخلی مدل Amplival Interphako ساخت شرکت Carl ziess jena آلمان اندازه گیری شد.

روش مورد استفاده روش تداخلی می باشد، در این روش با اندازه گیری دامنه فرانژهای تشکیل شده در دو حالت عمود و موازی بودن جهت پلاریزور با محور لیف و محاسبهٔ تفاضل آن ،مقدار ضریب شکست مضاعف بطور مستقیم از رابطه روبرو تعیین می گردد.

$$\Delta n = k(A_1 - A_2)/t$$

A_1, A_2: دامنه فرانژ در هریک از حالتهای موازی و عمود $l = 550^{nm}$

$$, k = l/h$$

t: قطر لیف و h : فاصله دامنه ای فرانژ ها

2-3-5- خواص حرارتی الیاف

به منظور بررسی خواص حرارتی و تعیین شاخص تبلور نمونه ها از دستگاه DSC مدل 2010 ساخت کمپانی TA Instrument. آمریکا ،استفاده شد.

تعیین شاخص تبلور نمونه ها با استفاده از رابطه زیر انجام گرفت:

$$X_{DSC} = (\Delta H_m / \Delta H_{mt}) * 100$$

X_{DSC} : شاخص تبلور ، ΔH_m : تغییرات آنتالپی در ناحیه ذوب

ΔH_{mt}.: میزان تغییرات آنتالپی ذوب برای پلیمر صد درصد متبلور است که در مراجع مقدار آن برای پلی آمید6 ، 55 cal/gr ذکر شده است.[6]

3- نتایج

در حین عملیات کشش دو مرحله ای اگر نسبت کشش مرحله اول از نسبت کشش طبیعی الیاف نوـ ریس کمتر باشد الیافی غیریکنواخت (مقاطع کشیده شده و نکشیده) بوجود می آید و این غیر یکنواختی اثر زیان بخشی روی قابلیت کشش مرحله دوم خواهد داشت و باعث پارگی نخ می شود[3]. به همین منظور نسبت کششهای مرحله اول را بالاتر از نسبت کشش طبیعی (1/9-2/0) نخ فیلامنتی نو – ریس (باتوجه به منحنی‌تنش–کرنش) درنظرگرفته و بصورت(=D.R.1 2/106,2/352,2.631,2.986,3/367,4/451) بر آن اعمال گردید . بطور کلی نتایج آزمایشات از لحاظ آماری مورد بررسی قرار گرفته و معنادار بودن تغییرات تایید شده است.

3-1- توزیع نسبت کشش در کشش دو مرحله ای در دمای محیط بدون استفاده از پین سرامیکی

در این حالت نسبت کششهای اعمالی و خواص کششی آن برروی نخ نو–ریس مطابق جدول (3-1) می باشد .

با توجه به جدول (3-1) ملاحظه می شود با افزایش نسبت کشش مرحله اول میزان آرایش یافتگی الیاف بیشتر شده و بدنبال آن استحکام و مدول اولیه افزایش یافته و در نتیجه ازدیاد طول تا حد پارگی کاهش می یابد . در این شرایط امکان کشش مرحله دوم وجود نداشت واینطور به نظر می رسد که بعد از کشش مرحله اول که نخ روی بسته قرار می گیرد، ساختار مولکولی از تنشهای حاصله، آزاد شده (افت تنش)، در نتیجه زنجیرهای مولکولی در مناطق بین بلورها از حالت کشیده در جهت محور لیف خارج گشته و درگیری های موضعی بین آنها ایجاد می گردد. این درگیری ها بعنوان مزاحم در کشش مرحله دوم محسوب شده و عملا مانع قابلیت کشش در مرحله دوم می گردند.

جدول(3-1).خواص کششی نخ کشیده شده در دمای محیط.

مدول اولیه (cN/tex)	ازدیاد طول تا حدپارگی (٪)	استحکام (cN/tex)	دانسیته خطی (tex)	خواص کششی / نسبت کشش مرحله اول(D.R.1)
48/90 (6/98)	151/14 (47/25)	22/45 (1/84)	49/7	2/106
67/69 (9/68)	140/74 (28/83)	28/83 (2/39)	44/6	2/352
98/70 (14/05)	115/44 (32/13)	31/60 (1/42)	39/6	2/631
113/43 (7/96)	81/78 (14/81)	34/12 (1/65)	34/8	2/986
152/34 (5/92)	68/01 (7/33)	41/58 (2/86)	31/0	3/367
217/75 (36/06)	20/96 (3/78)	52/13 (2/28)	24/1	4/451
21/63 (0/70)	416/77 (23/92)	12/09 (0/91)	98/7	As-Spun

اعدا داخل پرانتز ها نماینگر انحراف معیار می باشند.

3-2- توزیع نسبت کشش در کشش دو مرحله در دمای محیط و با استفاده از پین سرامیکی

در این حالت نسبت کشش مرحله اول رادر دو حالت با پین سرامیکی و بدون پین سرامیکی بر نخ فیلامنتی اعمال نموده لیکن نسبت کشش مرحله دوم فقط با پین سرامیکی اعمال گردید . نتایج آن در جداول (3-2)و(3-3) آمده است.

با توجه به جدول (3-2) ملاحظه می شود با افزایش نسبت کشش میزان ضریب شکست مضاعف الیاف که نشان دهنده آرایش یافتگی کلی الیاف است بیشتر شده است. درنتیجه استحکام افزایش و ازدیاد طول تا حد پارگی کاهش یافته است. همچنین با افزایش نسبت کشش شاخص تبلور افزایش یافته که باعث کاهش درصد جمع شدگی وافزایش مدول اولیه گشته است.

با توجه به جدول (3-3) با کاهش نسبت کشش در مرحله دوم (بیشتر بودن نسبت کشش مرحله اول) و افزایش آرایش یافتگی ، استحکام افزایش یافته و ازدیاد طول تا حد پارگی کاهش می یابد . همچنین کاهش درصد جمع شدگی و افزایش مدول اولیه مشاهده می شود که می تواند در اثر افزایش شاخص تبلور باشد.

با توجه به این آزمایش چنین بنظر می رسد، هرچه نسبت کشش مرحله اول بالاترباشد، سرعت افت تنش کمتر و همچنین نخ ساختاری کاملتری از لحاظ تبلور پیدا کرده و میزان درگیری زنجیره ها بسیار کمتر می شود و نخ روی بسته هنوز تحت تنش می باشد و از طرف دیگر استفاده از پین در مرحله دوم کشش باعث می شود، ابتدا یک نسبت کشش بسیار کم در فاصله بین غلتک تغذیه و پین بر نخ وارد شده و درگیری بین زنجیرها کاملا از بین رفته و قابلیت کشش درمرحله دوم برای رسیدن به استحکام بالا افزایش یابد .

جدول (2-3): خواص کششی و ساختاری نخ کشیده در دمای محیط در مرحله اول کشش

خواص / نسبت کشش مرحله اول	شاخص تبلور (٪)	استحکام (cN/tex)	ازدیاد طول تا حدپارگی (%)	مدول اولیه (cN/tex)	درصد جمع شدگی	ضریب شکست مضاعف
2/106	23/21	23/73 (1/40)	164/67 (45/75)	48/98 (7/09)	7/15 (0/22)	/01830 (0/0010)
2/106 (با پین)		24/02 (1/27)	164/40 (31/59)	47/27 (4/08)	7/48 (0/17)	
2/352		28/73 (0/78)	147/03 (33/50)	65/66 (10/29)	7/14 (0/16)	
2/352 (با پین)		26/75 (1/36)	126/53 (11/48)	65/19 (6/16)	7/24 (0/16)	
2/631		29/66 (2/08)	108/38 (22/58)	79/29 (8/16)	7/12 (0/09)	
2/631 (با پین)		33/60 (1/45)	108/83 (11/70)	88/00 (10/46)	7/17 (0/25)	
2/986	25/42	34/16 (2/37)	86/92 (16/71)	104/43 (18/12)	7/12 (0/19)	0/0290 (0/0015)
2/986 (با پین)		35/67 (1/06)	83/81 (4/60)	99/72 (14/03)	7/13 (0/19)	
3/367		39/98 (3/76)	57/51 (9/51)	233/66 (4/81)	7/11 (0/24)	
3/367 (با پین)		37/34 (2/14)	53/43 (7/39)	259/49 (77/82)	6/93 (0/10)	
4/451	29/39	52/76 (1/88)	15/45 (2/62)	308/44 (7/23)	6/83 (0/1)	0/0560 (0/0018)
4/451* (با پین)	29/06	61/39 (1/23)	18/15 (1/74)	427/63 (31/51)	6/27 (0/4)	0/054 (0/001)
As-Spun	16/64	12/18 (0/98)	351/10 (116/14)	23/76 (3/43)	2/9 (0/2)	0/0076 (0/0005)

*شرایط تولید این نمونه بر اساس روش جاری تولید این نخها در شرکت الیاف می باشد.

اعداد داخل پرانتزها نمایانگر انحراف معیار می باشد.

جدول (3-3): خواص کششی و ساختاری نخ کشیده در دمای محیط در مرحله دوم کشش

ضریب شکست مضاعف	درصد جمع شدگی	مدول اولیه (cN/tex)	ازدیاد طول تا حدپارگی (%)	استحکام (cN/tex)	شاخص تبلور (٪)	خواص / نسبت کشش مرحله دوم
0/0508 (0/0004)	7/45 (0/19)	218/88 (45/83)	23/00 (6/17)	46/20 (2/85)	28/95	1/895 (مرحله اول بدون پین)
	7/40 (0/35)	224/50 (48/59)	22/66 (5/13)	47/86 (3/04)		1/895
	7/35 (0/10)	237/32 (64/75)	22/35 (8/08)	48/99 (3/31)		1/691 (مرحله اول بدون پین)
	7/34 (0/35)	251/22 (69/37)	19/5 (3/87)	48/98 (1/89)		1/691
0/0520 (0/0013)	7/30 (0/19)	226/52 (61/25)	21/49 (3/56)	49/58 (2/01)	27/79	1/492 (مرحله اول بدون پین)
	7/29 (0/01)	230/94 (57/82)	18/9 (2/47)	51/05 (1/90)		1/492
0/0540 (0/0005)	6/93 (0/10)	359/19 (9/09)	19/63 (4/04)	51/69 (2/13)		1/323 (مرحله اول بدون پین)
	6/88 (0/163)	352/33 (16/78)	18/20 (4/35)	51/68 (2/53)		1/323

اعداد داخل پرانتزها نمایانگر انحراف معیار می باشد.

3-4-2- تأثیر توزیع نسبت کشش در کشش دو مرحله ای در دماهای متغیر تثبیت

در این حالت نسبت کشش مرحله اول با توجه به آزمایشات قبل و محدودیتهای موجود در شرکت الیاف برای رسیدن به استحکام زیاد، 3/367 انتخاب شده و کشش مرحله اول را درماهای تثبیت (20^{oc},60^{oc},120^{oc}) و کشش مرحله دوم را در دماهای تثبیت (20^{oc},60^{oc},90^{oc},120^{oc},150^{oc},180^{oc})انجام داده و نتایج با نسبت کشش 4/451 در دماهای تثبیت (20^{oc},60^{oc},90^{oc},120^{oc},150^{oc},180^{oc})مقایسه شده است . نتایج در جداول ذیل آمده است.

3-4-2-1- مرحله اول کشش

جدول (3-4) تغییرات خواص کششی و ساختاری الیاف را با دمای کشش نشان می دهد. انتظار می رفت با افزایش دما میزان آرایش یافتگی افزایش یابد لیکن نتایج ارائه شده در جدول چنین روندی را نشان نمی دهد. تغییرات استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی نیز چندان مشهود نمی باشد. با افزایش دمای تثبیت درمرحله اول شاخص تبلور افزایش یافته که به تبع آن درصد جمع شدگی کاهش بسیار کم و مقدار مدول اولیه افزایش کلی یافته است .

جدول (3-4): تاثیر دمای تثبیت بر خواص کششی و ساختاری (D.R1 = 3/367)

ضریب شکست مضاعف	درصد جمع شدگی	مدول اولیه (cN/tex)	ازدیاد طول تا حدپارگی (%)	استحکام (cN/tex)	شاخص تبلور (٪)	خواص / T_1 (°C)
0/0510 (0/0006)	5/00 (0/18)	177/41 (39/79)	49/89 (4/36)	37/24 (2/02)	25/85	20
0/0500 (0/0005)	4/99 (0/05)	180/00 (0/64)	51/23 (3/32)	36/3 (0/15)	25/87	60
0/0519 (0/001)	4/97 (0/13)	207/26 (8/15)	48/51 (5/14)	37/93 (1/48)	28/26	120
0/0076 (0/0005)	2/905 (0/20)	40/02	410/10	12/21	16/64	As-spun

اعداد داخل پرانتزها نمایانگر انحراف معیار می باشد.

3-4-2-2- مرحله دوم کشش

جدول (3-5) تاثیر دمای تثبیت در مرحله دوم کشش را بر روی خواص کششی و ساختاری نخ حاصل از مرحله اول کشش که در دمای تثبیت 20 درجه سانتیگراد کشیده شده است را نشان می دهد . با توجه به جدول ملاحظه می‌شود با افزایش دما میزان آرایش یافتگی الیاف افزایش و در نتیجه استحکام نیز افزایش یافته است.

جدول (3-5): تاثیر دمای تثبیت بر خواص کششی در مرحله دوم کشش ($D.R.1=3/367$, $D.R.2=1/323$, $T_1=20$)

ضریب شکست مضاعف	درصد جمع شدگی	مدول اولیه (cN/tex)	ازدیاد طول تا حدپارگی (%)	استحکام (cN/tex)	شاخص تبلور (٪)	خواص / T_2 (°C)
0/0443 (0/0005)	6/85 (0/27)	231/06	14/20 (1/25)	43/41 (0/79)		20
0/0492 (0/0005)	6/81 (0/09)	270/28	13/51 (0/72)	45/42 (1/00)	27/28	60
0/0504 (0/0009)	6/70 (0/18)	302/44	13/50 (1/05)	47/30 (0/99)		90
0/0520 (0/0008)	6/52 (0/28)	338/65	16/22 (1/42)	50/18 (1/05)		120
0/0534 (0/0007)	4/98 (0/31)	341/14	18/99 (1/75)	53/02 (1/15)		150
0/0540 (0/0006)	4/52 (0/17)	360/05	20/72 (2/38)	55/13 (1/55)	31/56	180
		40/02	410/10	12/21		As-spun

اعداد داخل پرانتزها نمایانگر انحراف معیار می باشد.

با افزایش دمای کشش شاخص تبلور افزایش یافته که در نتیجه کاهش درصد جمع شدگی وافزایش مدول اولیه مشاهده می شود .در این آزمایش هر چه دمای مرحله دوم کشش بیشتر می شود بنظر می رسد درگیری زنجیره ها کمتر شده و زنجیره ها راحت تر و آزاد تر تحت کشش قرار گرفته و استحکام و مدول بیشتری حاصل می‌شود .

جدول (3-6) تأثیر دمای مرحله دوم کشش را بر روی خواص کششی و ساختاری نخ حاصل از مرحله اول کشش که در دمای 60 درجه سانتی گراد انجام شده است را نشان می دهد .

با توجه به جدول با افزایش دمای تثبیت میزان آرایش یافتگی الیاف افزایش یافته و در نتیجه افزایش استحکام مشاهده می شود. همچنین کاهش درصد جمع شدگی و افزایش مدول اولیه مشاهده می شود که می تواند در اثر افزایش شاخص تبلور الیاف باشد. در این آزمایش هر چه دمای مرحله دوم کشش بالاتر انتخاب شود درگیری زنجیرها کمتر وزنجیرها آزادتر و راحت تر در مرحله دوم کشیده می شوند.

جدول (3-7) تاثیر دمای تثبیت در مرحله دوم کشش بر روی خواص کششی و ساختاری نخ حاصل از مرحله اول کشش را که در دمای 120 درجه سانتیگراد تثبیت شده است را نشان می دهد .

با توجه به جدول با افزایش دمای تثبیت،آرایش یافتگی افزایش یافته و به تبع آن مقدار استحکام افزایش می یابد. همچنین با افزایش دما کاهش درصد جمع شدگی و افزایش مدول اولیه مشاهده می شود .

جدول (3-6): تاثیر دمای تثبیت بر خواص کششی در مرحله دوم کشش ($D.R.1=3/367$, $D.R.2=1/323$, $T_1=60$)

ضریب شکست مضاعف	درصد جمع شدگی	مدول اولیه (cN/tex)	ازدیاد طول تا حدپارگی (%)	استحکام (cN/tex)	شاخص تبلور (٪)	خواص / T_2 (°C)
0/0475 (0/0005)	7/25 (0/12)	247/57	13/33 (0/21)	44/28 (0/56)		20
0/0480 (0/0008)	6/25 (1/09)	242/89	13/39 (1/25)	44/59 (0/75)	27/68	60
0/0483 (0/0009)	6/02 (1/02)	278/92	16/01 (2/95)	45/79 (0/36)		90
0/0492 (0/0008)	6/00 (0/12)	322/86	17/03 (2/92)	48/82 (0/53)		120
0/0496 (0/0007)	5/43 (0/60)	382/38	19/87 (1/50)	53/75 (0/88)		150
0/05 (0/0010)	4/52 (0/17)	358/40	20/99 (1/08)	53/90 (0/85)	27/10	180
		40/02	410/10	12/21		As-spun

اعداد داخل پرانتزها نمایانگر انحراف معیار می باشد.

جدول (3-7):تاثیر دمای تثبیت بر خواص کششی در مرحله دوم کشش ($D.R.1=3/367$, $D.R.2=1/323$, $T_1=120$)

ضریب شکست مضاعف	درصد جمع شدگی	مدول اولیه (cN/tex)	ازدیاد طول تا حدپارگی (%)	استحکام (cN/tex)	شاخص تبلور (٪)	خواص / T_2 (°C)
0/0480 (0/0007)	7/78 (0/15)	244/02	14/63 (1/03)	44 (0/56)		20
0/0483 (0/0006)	7/76 (0/13)	242/25	13/79 (0/70)	45/41 (0/68)	26/43	60
0/0485 (0/0005)	7/62 (0/57)	296/60	12/42 (0/88)	46/32 (0/66)		90
0/0488 (0/0007)	6/53 (0/13)	313/98	13/16 (1/41)	47/48 (0/95)		120
0/0491 (0/0008)	6/23 (0/06)	379/26	17/90 (2/32)	51/97 (1/49)		150
0/0501 (0/0009)	4/69 (0/24)	364/88	18/35 (1/48)	53/49 (1/13)	26/76	180
		40/02	410/10	12/21		As-spun

اعداد داخل پرانتزها نمایانگر انحراف معیار می باشد.

با توجه به تغییرات خواص فیزیکی در نخ کشیده شده حاصل از مرحله دوم، ملاحظه می شود که دمای تثبیت مرحله اول کشش در نقطه آغاز تغییرات خواص فیزیکی نخ حاصل از مرحله دوم کشش، موثر می باشد. هر چه دمای تثبیت در مرحله اول افزایش یابد، دمای مناسب برای تثبیت مرحله دوم نیز بیشتر خواهد بود.

3-4-3- تاثیر دمای تثبیت در کشش یک مرحله ای (D.R.= 4/451)

جدول (3-8) تاثیر دمای کشش بر خواص کششی وساختاری الیاف فیلامنتی نو- ریس را در کشش یک مرحله ای و با نسبت کشش 4/451 نشان می دهد . با توجه به جدول (3-8) با افزایش دمای کشش در مقدار ضریب شکست مضاعف الیاف روند خاصی مشاهده نمی شود ولی مقدار استحکام افزایش یافته است و همچنین افزایش مدول اولیه و کاهش درصد جمع شدگی ملاحظه می شود.

جدول (3-8): تاثیر دمای تثبیت بر خواص کششی در کشش یک مرحله ای (D.R=4/451)

ضریب شکست مضاعف	درصد جمع شدگی	مدول اولیه (cN/tex)	ازدیاد طول تا حدپارگی (%)	استحکام (cN/tex)	شاخص تبلور (٪)	خواص / T (°C)
0/0543 (0/0008)	6/36 (0/11)	292/18	17/15 (1/55)	54/00 (1/10)	29/39	20
0/0492 (0/0008)	6/31 (0/38)	313/77	14/44 (1/32)	55/83 (0/96)	28/94	60
0/0508 (0/0003)	6/31 (0/21)	337/75	13/81 (1/84)	57/34 (1/65)		90
0/0488 (0/0003)	5/96 (0/11)	376/73	13/87 (1/12)	57/63 (1/43)		120
0/0543 (0/0008)	4/54 (0/24)	390/06	15/67 (0/90)	59/74 (1/08)		150
0/0517 (0/0004)	3/84 (0/66)	460/92	17/20 (1/31)	60/25 1/84	17/61	180
		40/02	410/10	12/21	16/64	As-spun

اعداد داخل پرانتزها نمایانگر انحراف معیار می باشد.

4- نتیجه گیری وبحث

با توجه به آزمایشات انجام شده به نظر می رسد که اعمال کشش دو مرحله ای غیر مداوم(در دو مرحله جدا از یکدیگر) برای نایلون 6 کارایی مساوی با کشش دو مرحله ای مداوم(پشت سر هم) را ندارد زیرا زمانیکه دومرحله کشش مداوم نباشد، پس از اعمال مرحله اول کشش، ساختار مولکولی از تنش آزاد شده و نخ روی بسته جمع می شود و درگیری بین زنجیره ها زیاد می شود و در نتیجه اعمال کشش در مرحله دوم با مشکل مواجه می شود زیرا در مرحله دوم در اثر نیروی کشش و وجود درگیری بین زنجیره ها پارگی نخ ایجاد می گردد، لیکن در کشش دو مرحله ای پشت سرهم نخ زمان افت تنش کامل را ندارد و زنجیره ها هنوز تحت تنش بوده و اجازه ایجاد درگیری بین آنها داده نمی شود در نتیجه اعمال کشش مرحله دوم برای رسیدن به استحکام بیشتر راحت تر امکان پذیر می باشد.

در انجام آزمایشات در مرحله دوم کشش چه با پین سرامیکی و چه با پین داغ، در فاصله بین غلتکهای تغذیه و پین در اثر اعمال نسبت کشش بسیار پایین در این فاصله، درگیری بین زنجیره ها از بین رفته و این امکان فراهم می شود که بتوان نخ را بدون فیلامنت پارگی تحت کشش قرار داد.

هرچه نسبت کشش مرحله اول در کشش دو مرحله ای جدا از هم بیشتر باشد نخ ساختار کاملتری پیدا کرده و امکان جمع شدگی و درگیری بین زنجیره ها کمتر و قابلیت کشش در مرحله دوم بالاتر می رود. اعمال دمای تثبیت در دو مرحله نسبت به شرایط عادی(دمای محیط) تغییرات فاحشی در خواص فیزیکی ندارد لیکن سبب کاهش درصد جمع شدگی می گردد.

با توزیع نسبت کشش در دو مرحله جدا از یکدیگر و با اعمال شرایط مختلف کشش امکان بهبود خواص فیزیکی مانند، استحکام و مدول اولیه و کاهش درصد جمع شدگی نسبت به کشش یک مرحله ای برای نخ یکسره پلی آمید 6 وجود نداشت.

مراجع

1- Gupta V.B. , Kothari V. K., "Manufactured Fiber Technology" , Chapman & Hall , London , 1997
2- Wang I. C., Dobb M. G., Tomka J.G., Journal of Textile Inst., 1995 , Vol 86 , No 3, pp.383-399.
3- Wang I. C., Dobb M. G., Tomka J.G., Journal of Textile Inst.,1996 , Vol 87 , No 1, pp.1-12.
4- Fakirov S., Evstatiev M. , Polymer, 1990 ,Vol 31,pp.431-434.
5- Hobbs T., Lesser A. J., Polymer, 2000 , Vol 41, pp.6223-6230.
6- Montiel G., Keskkula A., Paul H., Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, 1995,33,1751.