مجله علوم و فناوری نساجی
سال اول ، شماره اول، شماره پیاپی ۱
صفحه ۴۳-۳۹ ، ۱۳۹۰

بررسی توزیع تنش در آویزش عمودی پارچه تور ویل با استفاده از روش اجزاء محدود

داریوش سمنانی[۱]، سعید آجلی[۱،*]، الهام امیر نصر[۲]

۱- عضو هیات علمی دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۱/۲۸

چکیده

امروزه نقش منسوجات فنی در زمینه های مختلف صنایع، کشاورزی و پزشکی دارای اهمیت روز افزونی می باشد. این امر به واسطه خواص مناسب آنها از قبیل سبکی، الاستیسیته مناسب، ثبات ابعادی قابل قبول، استحکام بالا، مقاومت در برابر خوردگی و فاسد شدن، همواره موجب کاهش هزینه ها می گردد. در منسوجات، با توجه به پیچیدگی های موجود در محیط های لیفی از نظر خواص هندسی و مکانیکی، از روش های عددی جهت تحلیل مسائل مختلف استفاده می‌گردد. در این پژوهش سعی شده است با استفاده از روش اجزاء محدود رفتار آویزش پارچه های تور حلقوی تاری که یکی از ویژگی های مهم آنها می باشد، مورد توجه قرار گرفته و نحوه توزیع تنش در قسمت‌های مختلف یک سلول بافت بررسی گردد.

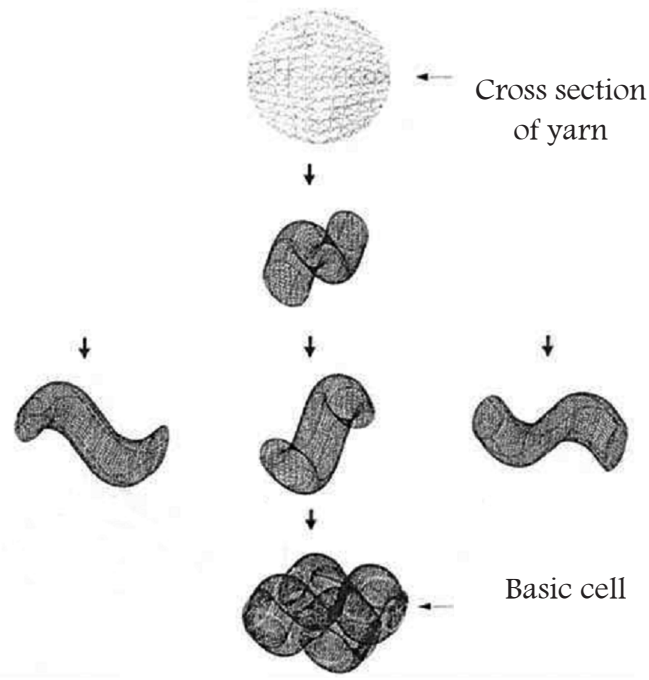
کلمات کلیدی
پارچه های تور حلقوی تاری،
روش اجزاء محدود،
نخ لید-این،
آویزش عمودی

۱- مقدمه

تقسیم یک مدل به قسمت‌های کوچکتر و تجزیه و تحلیل آن ایده تازه‌ای نیست. معمولاً به عنوان یکی از موارد قدیمی کاربرد این روش، از محاسبه عدد π به کمک تقسیم دایره به n ضلعی‌های منتظم نام برده می‌شود. این یک مثال فوق‌العاده قدیمی از روشی است که امروزه اجزاء محدود نامیده می‌شود.
در علوم مهندسی مسائل بسیاری وجود دارند که به علت پیچیدگی معادلات حاکم بر مسئله یا شرایط مرزی آن، نمی توان جواب دقیق و تحلیلی برای آنها یافت. در چنین شرایطی از روشهای عددی برای حل مسائل استفاده شده، که اجزاء محدود نیز یکی از این روش‌هاست. در این روش سیستم به زیربازه‌های کوچکتر تقسیم‌بندی می‌شود که هر یک از آنها را یک المان می‌نامند. سپس معادلات حاکم بر سیستم روی گره‌های حاصل از المانها حل شده و نهایتاً با جمع‌آوری و کنار هم قرار دادن دوباره المان ها، سیستم کلی شبیه‌سازی شده و تقریب مناسبی از جواب تحلیلی معادلات به دست می‌آید[۱].
طی دهه‌های اخیر، از این روش در حل بسیاری از مسائل پیچیده موجود در مهندسی نساجی نیز استفاده شده است. با توجه به پیچیدگی‌های موجود در محیط‌های لیفی از منظر بیان معادلات حاکم بر سیستم و حل تحلیلی آنها، روش اجزاء محدود توانسته به خوبی در حل عددی مسائل و رسیدن به جواب تقریبی به مهندسان و پژوهشگران کمک نماید.
به عنوان مثال در زمینه‌های مختلفی همچون بررسی رفتار تنش-کرنش منسوجات، آویزش پارچه، پیش‌بینی تغییر شکل

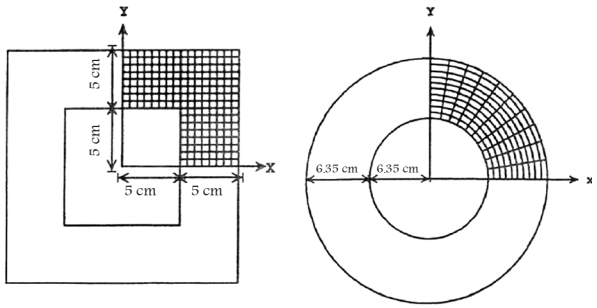
*مسئول مکاتبات،پیام نگار: sajeli@cc.iut.ac.ir

طی شرایط مختلف بارگذاری، مدل‌سازی هندسه پارچه، تخمین کارآیی پارچه‌های بالستیک و ... به طور وسیعی از اجزاء محدود استفاده شده است[۳ و۲].
در مقاله های متعددی سعی گردیده یک مدل تئوری برای بررسی رفتار مکانیکی پارچه ساده بافت تاری- پودی ارائه شود. به این ترتیب که شکل سه بعدی نخ در سلول بافت به دست آمده و سپس با کنار هم قرار گرفتن چهار نخ تشکیل دهنده، با در نظر گرفتن نوع تماس بین نخ‌های تار و پود، سلول پایه ایجاد شود. مراحل تشکیل سلول پایه در شکل ۱ نشان داده شده است[۷-۴].



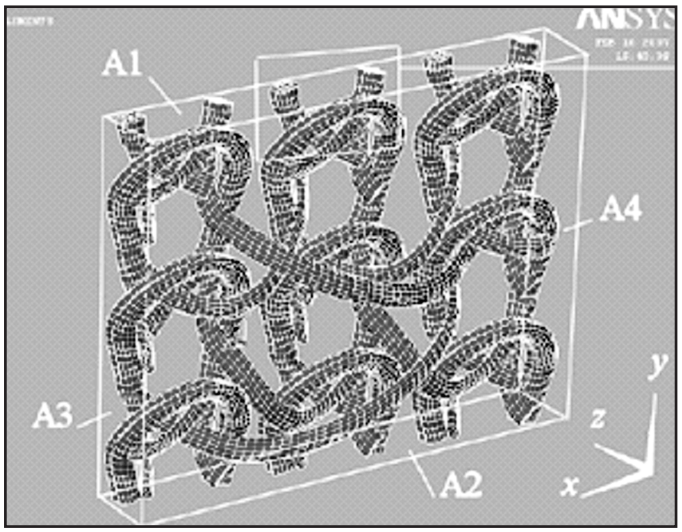
شکل۱ - مراحل تشکیل سلول پایه بافت[۷]

در پژوهش دیگری شکل سه بعدی یک پارچه در حال آویزش شبیه سازی گردید. در این تحقیق پارچه تاری پودی به عنوان یک صفحه نازک الاستیک فرض شد که دارای خواص ارتوتروپیک است[۸].
از آنجایی که پارچه طی یک پروسه جابجایی بزرگ[1] آویزش می‌یابد، بنابراین پروسه آویزش، یک پدیده هندسی غیر خطی خواهد بود. مدل اجزاء محدود در این مورد بر پایه روش کلی لاگرانژین فرموله شده است. همچنین مطابق شکل ۲، از دو نمونه چهارگوش و دایره‌ای برای شبیه‌سازی آویزش استفاده شد[۸].



شکل ۲- مدل اجزاء محدود در دو نمونه دایره‌ای و چهارگوش در آزمایش آویزش پارچه[۸]

در سال ۲۰۰۷ پژوهشی روی مدل‌سازی پارچه‌های حلقوی تاری با اجزاء محدود انجام گرفت تا بتوان رفتار مکانیکی اینگونه بافت ها را مورد بررسی قرار داد. مدل ارائه شده در این تحقیق مطابق شکل۳ بر اساس پارامترهای ساختاری اصلی از جمله: سطح مقطع نخ، تراکم بافت و میزان نخ مصرفی شانه جلو و عقب می‌باشد[۹].

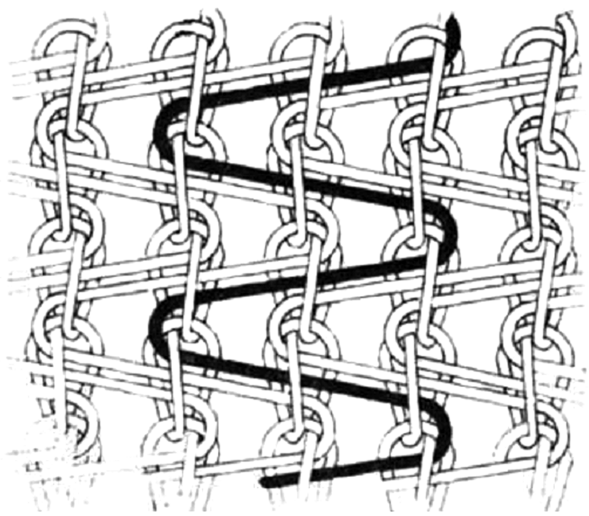


شکل ۳- مدل اجزاء محدود در دو نمونه [۹]

در پژوهش پیش رو سعی گردیده با استفاده از روش اجزاء محدود، رفتار مکانیکی بافت لید- این حلقوی تاری در پدیده آویزش مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

۲- مراحل طراحی مدل اجزاء محدود برای پارچه لید-این

بافت لید- این در بافندگی حلقوی تاری و بر روی ماشین راشل با قرار دادن نخ صاف بدون داشتن حلقه در میان حلقه های زمینه حاصل می‌گردد. در شکل ۴ یک بافت لید- این نشان داده شده است که نخ های لید- این به رنگ سیاه توسط حلقه های بافت نخ زمینه در هر رج درگیر می‌شوند. در نتیجه این عمل، نخ‌های لید- این حلقه هایی که به صورت بافت زنجیره ای می باشند، به یکدیگر متصل شده و بافت محکمی را به‌وجود می‌آورند.



شکل۴- ساختمان پارچه لید- این [۱۰]

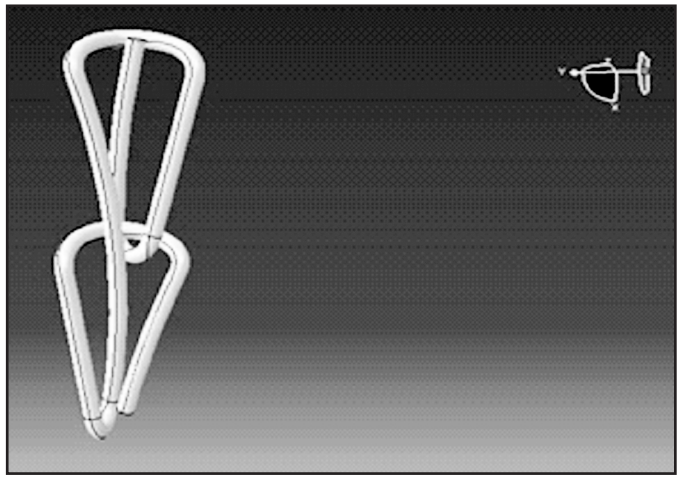
1-Large deformation

در شـــبیه ســـازی این بافت از مشاهدات میکروســـکوپی نمونه ها و خصوصیات ابعادی ساختار نخ و پارچه مانند: قطر (به صورت دایره)، مدول الاستیســـیته، ضریب پواسون و ضریب اصطکاک نخ ها (مقدار مدول الاستیســـیته، ضریب پواســـون و ضریب اصطکاک برای لیف پلی اســـتر در نظر گرفته شده اســـت) CPC، WPC، ضخامت و طول حلقه شـــانه جلو و عقب در پارچه اســـتفاده گردیده است. همچنین بـــرای ایجاد مـــدل پارچه نیز از دو نرم افـــزار مکانیکی CATIA17 و ABAQUS 6.8 استفاده شد.

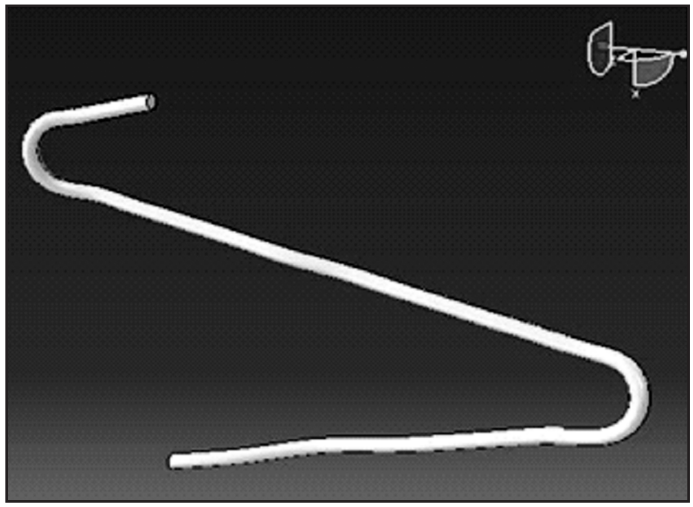
جدول ۱- مشخصات نخ به کار رفته در مدل

نوع نخ	نمره‌نخ	تعداد رشته	استحکام
پلی استر فیلامنت سوپر برایت	۴۵۰ دنیر	۹۶	۸۳۶/۵ سانتی نیوتن بر تکس

المان‌های ساختاری پارچه که شامل حلقه و نخ های لید- این می باشد، مطابق اشکال ۵ و ۶ با توجه به ساختار بافت در نرم افزار CATIA طراحی گردید.



شکل ۵- شماتیک حلقه زنجیره ای طراحی شده

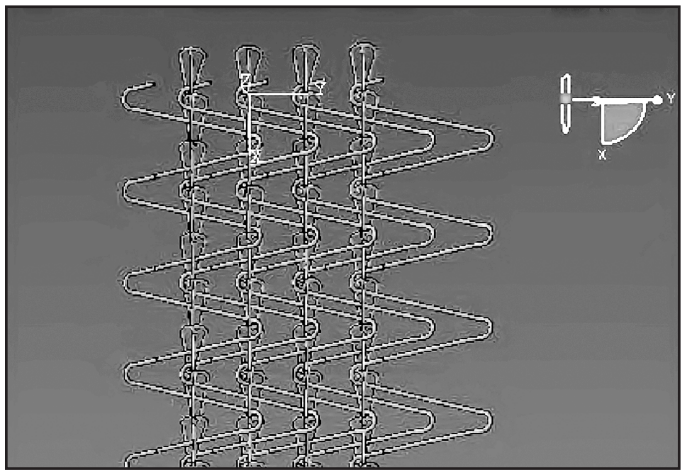


شکل ۶- شماتیک نخ لید- این طراحی شده

پس از طراحی و انجام محاسبات دقیق برای کاهش خطاهای احتمالی در طی پروســـه، این المان ها در محیط نرم افزار ABAQUS وارد شدند. برای تحلیل مکانیکی در این نرم افزار یک پروســـه چند مرحله ای پشت سر گذاشته شده است که به شرح زیر می باشد:

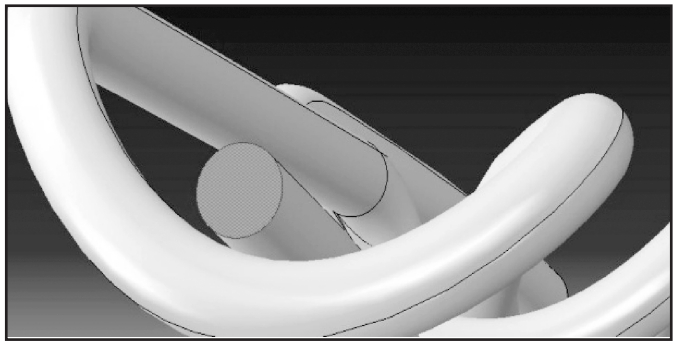
۱- تعریف خصوصیات مکانیکی ماده تشـــکیل دهنـــده مدل از جمله: مدول الاستیسیته، ضریب پواسون، ضریب اصطکاک و چگالی که پس از تعریف، این خواص بر روی هر دو المان اعمال می شود.

۲- ساخت طرح پارچه که ابتدا حلقه و نخ لید- این در کنار یکدیگر قرار گرفته و شکل اصلی بافت به وجود می آید، در شکل ۷ قابل مشاهده است.



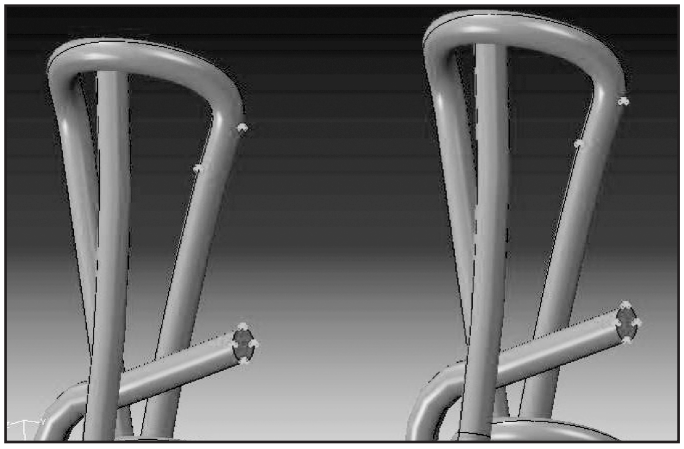
شکل ۷- طرح بافت در محیط ABAQUS

۳- در مرحله قبل المان ها کنار هم قرار گرفت، اما به هم متصل نشدند. این امر باعث می شود که با وارد آمدن کمترین نیرو به پارچه، المان ها از هم جدا شوند. به همین دلیل در این مرحله برای ابتدا و انتهای حلقه و همچنین نقطه شروع لید- این و نقطه پایانی آن، صفحاتی مطابق شکل ۸ تعریف شده تا این صفحات به هم متصل گردند. بدین ترتیب حلقه ها پشت سر هم قرار گرفته و یک جسم یکپارچه ایجاد می گردد تا در هنگام اعمال نیرو، حلقه‌ها از هم جدا نشوند.

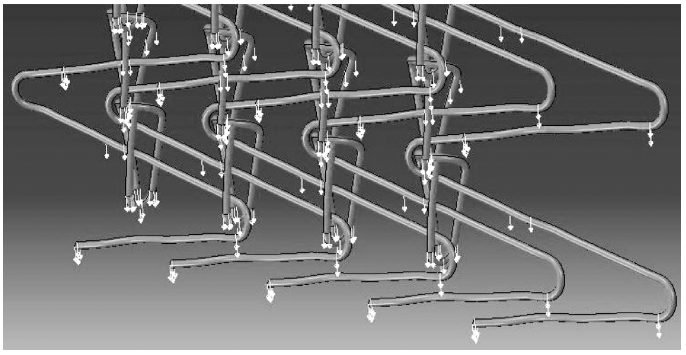


شکل ۸- صفحه تعریف شده در مرحله یکپارچه سازی

۴- در این مرحله شرایط مرزی و نحوه بارگذاری بر روی مدل تعریف می گردد. با توجه به اینکه مدل آویزش عمودی پارچه نشان داده خواهد شد، شرایط مرزی روی بالاترین ردیف پارچه بسته شده و اجازه هر گونه جابه‌جایی و چرخش در سه جهت اصلی را مطابق شکل ۹ صلب می کند. سپس همانگونه که در شکل ۱۰ قابل مشـــاهده می باشد، از نیروی وزن پارچه که در آویزش عمودی بسیار اهمیت دارد، به صورت بار در مرکز ثقل اجزاء حلقه استفاده می گردد.

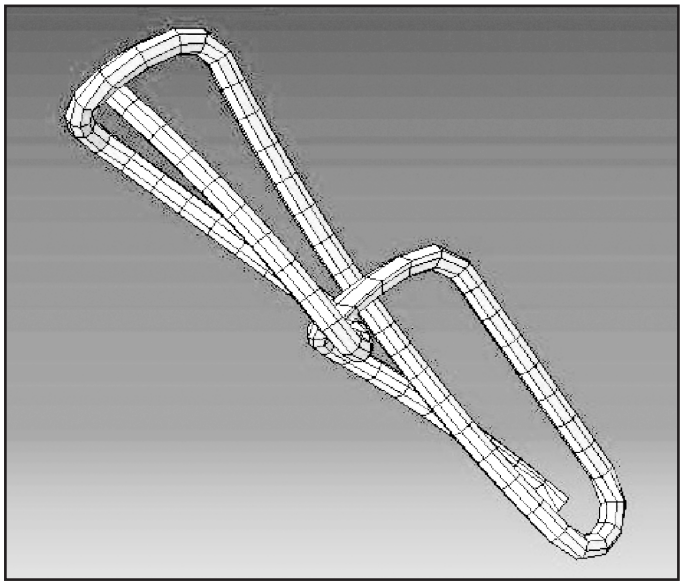


شکل ۹- اعمال شرایط مرزی

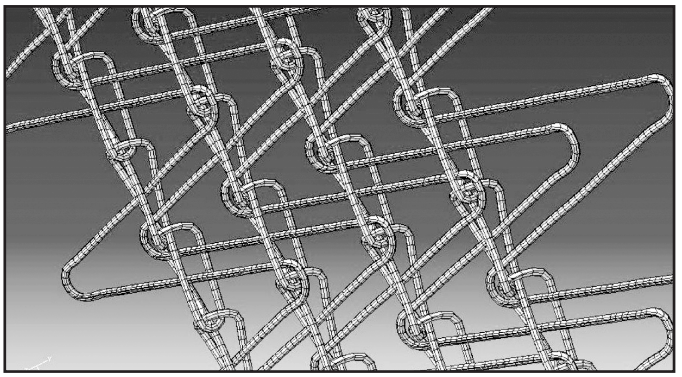


شکل ۱۰- نحوه اعمال نیرو وزن

۵- نرم افزار موجود برای تحلیل مکانیکی، مدل را به المان های بسیار کوچکتر تقسیم می کند که در اصطلاح به این مرحله مش بندی گویند. در نرم افزار ABAQUS، چندین روش برای ایجاد مش وجود دارد، اما به علت پیچیده بودن ساختار بافت حلقوی، درابتدا یک حلقه و نخ لید- این مش زده شد، سپس توسط نرم افزار این مش که از نوع مکعبی می باشد (شکل ۱۱)، به کل شکل مطابق اشکال زیر تسری یافت (شکل ۱۲).

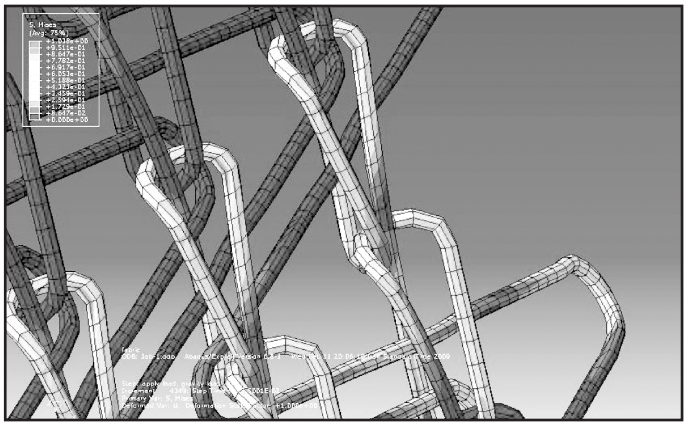


شکل ۱۱- مش بندی یک بخش



شکل ۱۲- مش بندی کل طرح

۶- در این مرحله، آنالیز مدل با توجه به اطلاعات ورودی انجام می‌گرفته و در نهایت تغییر شکل مدل و تنش های وارده به مدل به صورت نمودارهای گرافیکی مطابق شکل ۱۳ به دست می‌آید.



شکل ۱۳- نتایج تغییر شکل و تنش های ایجاد شده در اثر آویزش

۳- بحث و نتایج

همانگونه که در شکل ۱۳ قابل مشاهده است، اختلاف رنگی در نقاط مختلف یک سلول بافت مشهود بوده که متناسب با میزان تنش وارده به نخ ها می‌باشد. با توجه به این اختلاف رنگ می توان نقاطی که کمترین و بیشترین تنش در اثر نیروی آویزش پارچه به آنها وارده می گردد را شناسایی نمود. همانگونه که مشاهده می‌گردد، تنش وارده به نخ لید-این در بافت پارچه در مقابل نخ حلقه بافت زنجیره‌ای به مراتب کمتر بوده و در نتیجه تغییر شکل ایجاد شده در نخ های بافت زنجیره ای بیشتر از نخ لید-این می‌باشد. در توجیح این مسئله می توان اشاره نمود که نخ به‌کار رفته در حلقه های بافت در مقابل نیروی عمودی واره شده، تمایل دارد در مناطق انحنا به شکل صاف در آید و در نتیجه بیشترین تنش وارده به نخ در این منطقه مشاهده شده و به همین دلیل، بیشترین تنش در بافت زنجیره‌ای در سر حلقه مشاهده می گردد. در مقابل، در نخ لید- این و در نقاط تغییر جهت نخ بیشترین تنش وارده مشاهده می گردد. ذکر این نکته ضروری است که با توجه به پیچیدگی طرح بافت

در بافندگـــی حلقوی تاری و نیز محدودیت های نرم افزارهای اجزاء محـــدود، فرضیاتی مانند ثابت بودن ســـطح مقطع نـــخ در تمامی قسمت‌های حلقه، الاستیک بودن رفتار نخ در بازه به کار رفته صورت گرفته است که در نتایج نهایی ایجاد شده، اشکالی ایجاد نمی‌نماید. همچنیـــن با توجه به تاثیر زمان در بررســـی رفتار آویزش پارچه در مدل ارائه شـــده، بـــا افزایش زمان نیروی ثابـــت وزن پارچه موجب افزایـــش نیروی وارد به نخ های حلقه و نخ لید- این گردیده و تنش وارد به ســـلول بافت که ابتدا در رج های بالایی پارچه قابل مشاهده می باشد، به تدریج به رج های پایین‌تر نیز تسری می یابد.

۴- نتیجه گیری

کاربرد پارچه های حلقوی تاری در مصارفی چون پرده بســـیار مورد توجه می باشد. از جمله مواردی که در این امر دارای اهمیت می‌باشد، ثبات ابعادی ســـلول های بافت پس از آویختن پارچه است. در این پژوهش با توجه به مســـئله ذکر شده سعی شده تا برای پارچه‌های دارای بافت لید- این حلقوی تاری که به عنوان تور استفاده می‌گردند، توســـط ارائه مدلی مکانیکی با استفاده از روش عددی اجزاء محدود، تغییر شـــکل سلول بافت در اثر آویزش عمودی مدل سازی گردد. با توجه به مدل ارائه شده توســـط نرم افزار ABAQUS میزان تغییر شکل حلقه در اثر آویزش توسط نیروی وزن خود پارچه و تنش های مختلف به نقاط گوناگون حلقه مورد مطالعه قرار گرفت.

۵- مراجع

[1] T.R. Chandrupatla، A. D. Belegundu، Introduction to finite elements in Engineering، Prentice Hall، Inc.، New Jersey، 1997.

[2] M. Mokhtari، Application of Finite Element Method in Textile، MS.c. Seminar، Isfahan University of Technology، Textile Department، 1386.

[3] W. A. Munro، G. A. Carnaby، A. J. Carrand، P. J. Moss ، Some Textile Applications of Finite-element Analysis. Part I: Finite Elements for Aligned Fiber Assemblies، JTI، Vol.88، no.1، 325-338، 1997.

[4] M.Tarafaoui، J.Y. Drean، Predicting the Stress-Strain Behavior of Woven Fabrics Using the Finite Element Method، TRJ، Vol.71، No.9، 790-795، 2001.

[5] Y.J. Jeong، T.J. Kang، Analysis of Comperssional Deformation of Woven Fabric Using Finite Element Method، JTI، Vol.92، No.1، 1-15، 2001.

[6] C. J. Van Luijk، A. J. Carr، G. A. Carnaby، FINITE-ELEMENT ANALYSIS OF YARNS PART I: YARN MODEL AND ENERGY FORMULATION ، JTI، Vol.75، No.5، 342-353، 1984.

[7] B. H. Le Page، F. J. Guild، S. L.Ogin، P. A. Smith ، Finite Element Simulation of Woven Fabric Composites ، Composites Part A: Applied Science and Manufacturing، Vol.35، No.7-8، 861-872، 2004.

[8] T. J. Kang، W. R. Yu، Drape Simulation of Woven Fabric by Using the Finite-Element Method، JTI، Vol. 86، No. 4، 635 – 648، 1995.

[9] A. Kallivretaki، S. Vassiliadis، M. Blaga ، C. Provatidis ، Finite Element Modelling of the Warp Knitted Structure، RJTA، Vol. 11، No. 4، 40-47، 2007.

[10] D. F. Paling ، Warp Knitting Technology، Columbine Press، 1952.