بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

گروه مکانیک

۹۲۴۶۲۳۲۳۳

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش طراحی کاربردی

عنوان:

توزیع تنش در اتصالات مواد مرکب بافته شده تحت بارهای کششی و خمشی

استاد راهنما:

دکتر محمد شیشه‌ساز

استاد مشاور:

دکتر خسرو نادران طحان

نگارنده:

سجاد زلقی

بهمن ۱۳۹۲

باسمه تعالی

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

(نتیجه ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد)

پایان نامه آقای سجاد زلقی **دانشجوی رشته:** مهندسی مکانیک **گرایش:** طراحی کاربردی

دانشکده مهندسی **به شماره دانشجویی** ۹۰۴۰۱۰۶

با عنوان:

توزیع تنش در اتصالات مواد مرکب بافته شده تحت بارهای کششی و خمشی

جهت اخذ مدرک: کارشناسی ارشد در تاریخ: ۱۳۹۲/۱۱/۲۶ توسط هیأت داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و با درجه عالی تصویب گردید.

۱.	**اعضا ی هیأت داوران :**	**رتبه علمی**	**امضاء**
	استاد راهنما : دکتر محمد شیشه‌ساز	استاد	.....
	استاد مشاور : دکتر خسرو نادران طحان	دانشیار	.....
	استاد داور : دکتر امین یاقوتیان	استادیار	.....
	استاد داور : دکتر کورش حیدری شیرازی	دانشیار	.....
	نماینده تحصیلات تکمیلی : کریم انصاری اصل	استادیار	.....
۲.	**مدیرگروه :** علی حاج نایب	استادیار	.....
۳.	**معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده :** علی حقیقی	استادیار	.....
۴.	**مدیرتحصیلات تکمیلی دانشگاه :** مسعود قربانپور نجف آبادی	استاد	.....

تقدیم به

پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آن دو فرشته‌ای که از خواسته‌هایشان گذشتند، سختی‌ها را به جان خریدند و خود را سپر

بلای مشکلات و ناملایمات کردند تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام

برسم.

تشکر و قدردانی

خداوند بزرگ را با زبانی کوچک و ناتوان شکر می کنم که حقیر را در طریق تحصیل علم قرار داد تا بتوانم در مراحل زندگی خود همواره با توکل بر او و نور علم، به دنبال زیبایی ها و حقایق هستی باشم. قبل از هر چیز وظیفه ی خود می دانم که مراتب تشکر و قدردانی خود را صادقانه خدمت استاد گرانقدرم جناب آقای **دکتر محمد شیشه ساز** که حقیر را در انجام این رساله مساعدت نموده، عرض نمایم؛

از استاد صبورم جناب آقای **دکتر نادران** که زحمت مشاوره ی این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان این پروژه به پایان نمی رسید؛

از اساتید بزرگوارم آقایان دکتر مرادی و دکتر قنبرزاده که افتخار شاگردی آنها را داشتم، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

نام خانوادگی : زلقی	**نام** : سجاد	**شماره دانشجویی** : ۹۰۴۰۱۰۶
عنوان پایان نامه : توزیع تنش در اتصالات مواد مرکب بافته شده تحت بارهای کششی و خمشی.		
استاد راهنما : دکتر محمد شیشه‌ساز	**استاد مشاور** : دکتر خسرو نادران طحان	
درجه تحصیلی : کارشناسی ارشد	**رشته** : مهندسی مکانیک	**گرایش** : طراحی کاربردی
دانشگاه : شهید چمران اهواز	**دانشکده** : فنی و مهندسی	**گروه** : مکانیک
تاریخ فارغ التحصیلی : ۱۳۹۲/۱۱/۲۶		**تعداد صفحه** : ۸۲

کلید واژه ها : اتصال تک‌لبه، توزیع تنش، مواد مرکب بافته شده، بافت ساده.

چکیده :

در این پایان‌نامه توزیع تنش در اجزای اتصال تک‌لبه تحت بارهای کششی و خمشی که در آن چسب‌شونده‌ها از مواد مرکب بافته شده با شکل بافت ساده هستند، با استفاده از روش اجزاء محدود در نرم‌افزار انسیس ورکبنچ مورد بررسی قرار گرفته است. در تحلیل اتصال ابتدا نیروی کششی و گشتاور خمشی مناسب به‌دست آمده سپس تأثیر پارامترهایی نظیر ضریب سستی (فاصله بین رشته‌ها)، ضخامت چسب، طول چسب، مدول الاستیسیته و ضریب پواسون چسب را بر روی تنش‌های وارده بر چسب و نیز اجزای تشکیل‌دهنده چسب‌شونده، شامل فاز زمینه و رشته‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که بخش عمده‌ی بارهای اعمالی توسط مجموعه‌ی رشته‌ها خصوصاً رشته‌های تار که در راستای اعمال بار هستند، تحمل می‌شود. همچنین تنش در رشته‌های به‌کار رفته بسیار کمتر از مقاومت کششی آنها است. لذا احتمال گسیختگی در رشته‌ها وجود ندارد. عامل اصلی گسیختگی در اتصالات چسبی تنش تورق است که باید به حداقل ممکن خود برسد. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش ضریب سستی، افزایش ضخامت چسب، افزایش طول چسب، کاهش مدول الاستیسیته و کاهش ضریب پواسون چسب، تنش در اجزای اتصال کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر مقاومت اتصال در برابر بارهای اعمال شده افزایش می‌یابد.

فهرست مطالب

فرم ارزشیابی ..... أ
صفحه‌ی تقدیم ..... ب
صفحه‌ی تشکر و قدردانی ..... ج
فهرست مطالب ..... د
فهرست شکل‌ها ..... ز
فهرست جدول‌ها ..... ی
فهرست علامت‌ها ..... ک
چکیده پایان‌نامه به زبان فارسی ..... ل

فصل اول ۱
مقدمه ۱
۱-۱ ماده‌ی مرکب ۱
۱-۲ ماده‌ی مرکب بافته‌شده ۲
۱-۳ انواع اتصال ۳
۱-۳-۱ اتصال چسبی ۳
۱-۴ هدف پایان‌نامه ۴
۱-۵ ساختار پایان‌نامه ۵

فصل دوم ۶
مروری بر پژوهش‌های پیشین ۶

فصل سوم ۱۳
اجزاء و انواع مواد مرکب بافته شده ۱۳
۳-۱ الیاف، رشته‌ها و فاز زمینه‌ی به‌کار رفته در تولید پارچه ۱۳
۳-۱-۱ الیاف شیشه ۱۴
۳-۱-۲ رشته‌ها ۱۵
۳-۱-۳ فاز زمینه ۲۰
۳-۲ الگوهای مختلف بافتن رشته‌ها ۲۱

۳-۲-۱ الگوی بافته نشده ۲۱
۳-۲-۲ الگوهای بافته شده‌ی دو بعدی ۲۲
۳-۲-۳ الگوهای چند لایه ۲۵
۳-۲-۴ الگوهای گره‌دار ۲۶
۳-۲-۵ الگوهای قیطانی ۲۶

فصل چهارم ۲۸
مدل‌سازی هندسی پارچه و شبیه‌سازی به روش اجزاء محدود ۲۸
۴-۱ مدل‌سازی ۲۹
۴-۱-۱ مدل‌سازی سلول واحد نمونه برای بافت ساده ۳۰
۴-۱-۲ مدل‌سازی فاز زمینه و مونتاژ مجموعه ۳۳
۴-۱-۳ تولید چسب‌شونده‌ها و اتصال تک‌لبه ۳۴
۴-۲ شبیه‌سازی به روش اجزاء محدود ۳۵
۴-۲-۱ یکپارچه‌سازی چسب‌شونده‌ها ۳۶
۴-۲-۲ تعیین خواص مکانیکی مواد ۳۷
۴-۲-۳ فصل مشترک اجزاء ۳۹
۴-۲-۴ شبکه‌بندی ۴۰
۴-۲-۵ انواع المان‌های به‌کار رفته در تحلیل ۴۲
۴-۲-۶ شرایط مرزی اتصال تک‌لبه ۴۴

فصل پنجم ۴۵
نتایج ۴۵
۵-۱ نحوه به‌دست آوردن نیروی کششی و گشتاور خمشی اعمالی به اتصال تک‌لبه ۴۵
۵-۲ آزمون همگرایی ۵۰
۵-۳ توزیع تنش در اجزاء مختلف ۵۳
۵-۳-۱ تنش فون‌مایزز در مجموعه‌ی رشته‌ها ۵۳
۵-۳-۲ تنش فون‌مایزز در فاز زمینه ۵۳
۵-۳-۳ تنش تورق چسب ۵۵
۵-۳-۴ تنش برشی چسب ۵۵
۵-۴ تأثیر پارامترهای مختلف بر تنش اجزاء ۵۶
۵-۴-۱ تغییرات تنش فون‌مایزز در مجموعه‌ی رشته‌ها و فاز زمینه ۵۷
۵-۴-۲ تغییرات تنش تورق در لایه‌ی چسب ۶۲

۵-۴-۳ تغییرات تنش برشی در لایه‌ی چسب ۶۸

فصل ششم ۷۵

نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۷۵

۶-۱ نتیجه‌گیری ۷۵

۶-۲ پیشنهادها ۷۷

فهرست مراجع **۷۹**

چکیده‌ی پایان‌نامه به زبان انگلیسی **۸۲**

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۱: زاویه پیچش در یک رشته ۱۶
شکل ۳-۲: نتایج تجربی ضخامت رشته‌ها بر حسب چگالی خطی آن ۱۸
شکل ۳-۳: نتایج تجربی عرض رشته‌ها بر حسب چگالی خطی آن ۱۸
شکل ۳-۴: سطح مقطع تغییر شکل یافته به بصورت چشم ۱۹
شکل ۳-۵: نمونه‌ای از پارچه بافته نشده ۲۲
شکل ۳-۶: دستگاه بافندگی با دو نگهدارنده برای الگوی بافت دوبعدی ۲۳
شکل ۳-۷: انواع الگوهای بافت دوبعدی ۲۴
شکل ۳-۸: سه دسته‌ی عمده‌ی بافت‌های سه بعدی. الف) چندلایه همراه با رشته‌ی قفل کننده‌ی زاویه‌دار سرتاسری ب) چندلایه همراه با رشته‌ی قفل کننده‌ی زاویه‌دار لایه‌ای ج) چندلایه همراه با رشته‌ی قفل کننده‌ی عمود سرتاسری ۲۵
شکل ۳-۹: الگوی بافت سه‌بعدی ۲۵
شکل ۳-۱۰: الگوهای گره‌دار ۲۶
شکل ۳-۱۱: بافت قیطانی الف) دومحوره. ب) سه محوره ۲۷
شکل ۴-۱: مقطع المان حجمی از بافت ساده ۳۰
شکل ۴-۲: سطح مقطع رشته‌های تار و پود در صفحات دستگاه مختصات ۳۲
شکل ۴-۳: روند ایجاد یک سلول واحد نمونه ۳۲
شکل ۴-۴: سلول‌های واحد نمونه مدل‌سازی شده به ازای ضریب سستی متفاوت ۳۳
شکل ۴-۵: فاز زمینه یک سلول واحد ۳۴
شکل ۴-۶: یک سلول کامل از بافت ساده ۳۴
شکل ۴-۷: تولید یک چسب شونده با ضریب سستی ۰/۲۵ توسط نرم‌افزار سالیدورکز ۳۵
شکل ۴-۸: تولید اتصال تک‌لبه با ضریب سستی ۰/۲۵ توسط نرم‌افزار سالیدورکز ۳۵
شکل ۴-۹: تولید یک چسب‌شونده. الف- اجزاء جدا از هم. ب- یک‌پارچه سازی رشته‌ها. پ- یک‌پارچه‌سازی فاز زمینه. د- چسب‌شونده نهایی ۳۶
شکل ۴-۱۰: انواع تماس در اتصال تک‌لبه پارچه بافته شده ۳۹
شکل ۴-۱۱: شبکه‌بندی مجموعه‌ی رشته‌ها. الف) شبکه‌بندی یک سلول واحد از رشته‌ها. ب) شبکه‌بندی مجموعه‌ی رشته‌ها در چسب‌شونده ۴۱
شکل ۴-۱۲: شبکه‌بندی چسب ۴۱
شکل ۴-۱۳: شبکه‌بندی فاز زمینه ۴۲
شکل ۴-۱۴: المان ۱۸۶ SOLID ۴۳
شکل ۴-۱۵: المان ۱۷۴CONTA ۴۳
شکل ۴-۱۶: اتصال تک‌لبه همراه با شرایط مرزی به‌صورت دو بعدی ۴۴

شکل ۵-۱: نمودارهای تنش تورق و برشی در کل چسب تحت بارهـای کششـی و خمشـی مختلـف بـه صـورت جداگانه ۴۷
شکل ۵-۲: نمودارهای تنش تورق و برشی در کل و صفحه‌ی میانی چسب بر حسب درصد کاهش نیروی کششـی و گشتاور خمشی نسبت به حالت اولیه ۲۰۰ N و ۵۵ N.mm ۴۹
شکل ۵-۳: نمودارهای همگرایی تنش‌های مختلف به‌ازای المان‌های مختلف ۵۲
شکل ۵-۴: توزیع تنش فون‌مایزز در مجموعه‌ی رشته‌ها ۵۴
شکل ۵-۵: توزیع تنش فون‌مایزز در فاز زمینه ۵۴
شکل ۵-۶: توزیع تنش تورق در چسب ۵۵
شکل ۵-۷: توزیع تنش برشی در چسب ۵۶
شکل ۵-۸: تغییرات حداکثر تنش فون‌مایزز مجموعه‌ی رشته‌ها به ازای ضریب سستی‌های متفاوت ۵۷
شکل ۵-۹: تغییرات حداکثر تنش فون‌مایزز فاز زمینه به ازای ضریب سستی‌های متفاوت ۵۸
شکل ۵-۱۰: تغییرات حداکثر تنش فون‌مایزز رشته‌ها به ازای ضخامت چسب متفاوت ۵۸
شکل ۵-۱۱: تغییرات حداکثر تنش فون‌مایزز فاز زمینه به ازای ضخامت چسب متفاوت ۵۹
شکل ۵-۱۲: تغییرات حداکثر تنش فون‌مایزز رشته‌ها به ازای طول چسب متفاوت ۵۹
شکل ۵-۱۳: تغییرات حداکثر تنش فون‌مایزز فاز زمینه به ازای طول چسب متفاوت ۶۰
شکل ۵-۱۴: تغییرات حداکثر تنش فون‌مایزز رشته‌ها به ازای مدول الاستیسیته متفاوت چسب ۶۱
شکل ۵-۱۵: تغییرات حداکثر تنش فون‌مایزز فاز زمینه به ازای مدول الاستیسیته متفاوت چسب ۶۱
شکل ۵-۱۶: تغییرات حداکثر تنش فون‌مایزز رشته‌ها به ازای ضریب پواسون متفاوت چسب..... ۶۲
شکل ۵-۱۷: تغییرات حداکثر تنش فون‌مایزز فاز زمینه به ازای ضریب پواسون متفاوت چسب..... ۶۲
شکل ۵-۱۸: نمودار تغییرات تنش تورق در طول چسب به‌ازای ضخامت‌های متفاوت چسب ۶۳
شکل ۵-۱۹: تغییرات حداکثر تنش تورق در کل چسب به ازای ضریب سستی متفاوت ۶۴
شکل ۵-۲۰: تغییرات حداکثر تنش تورق در صفحه‌ی میانی چسب به ازای ضریب سستی متفاوت ۶۴
شکل ۵-۲۱: تغییرات حداکثر تنش تورق در کل چسب به ازای ضخامت چسب متفاوت ۶۵
شکل ۵-۲۲: تغییرات حداکثر تنش تورق در صفحه‌ی میانی چسب به ازای ضخامت چسب متفاوت ۶۵
شکل ۵-۲۳: تغییرات حداکثر تنش تورق در کل چسب به ازای طول چسب متفاوت ۶۶
شکل ۵-۲۴: تغییرات حداکثر تنش تورق در صفحه‌ی میانی چسب به ازای طول چسب متفاوت ۶۶
شکل ۵-۲۵: تغییرات حداکثر تنش تورق در کل چسب به ازای مدول الاستیسیته متفاوت در چسب ۶۷
شکل ۵-۲۶: تغییرات حداکثر تنش تورق در صفحه‌ی میانی چسب به ازای مدول الاستیسیته متفاوت در چسب۶۷
شکل ۵-۲۷: تغییرات حداکثر تنش تورق در کل چسب به ازای ضریب پواسون متفاوت در چسب ۶۸
شکل ۵-۲۸: تغییرات حداکثر تنش تورق در صفحه‌ی میانی چسب به ازای ضریب پواسون متفاوت در چسب. ۶۸
شکل ۵-۲۹: نمودار تغییرات تنش برشی در طول چسب به‌ازای ضخامت‌های متفاوت چسب ۶۹
شکل ۵-۳۰: تغییرات حداکثر تنش برشی در کل چسب به ازای ضریب سستی متفاوت در رشته‌ها ۷۰
شکل ۵-۳۱: تغییرات حداکثر تنش برشی در صفحه‌ی میانی چسب به ازای ضریب سستی متفاوت در رشته‌ها. ۷۰

شکل ۵-۳۲: تغییرات حداکثر تنش برشی در کل چسب به ازای ضخامت‌های متفاوت در چسب ۷۱
شکل ۵-۳۳: تغییرات حداکثر تنش برشی در صفحه‌ی میانی چسب به ازای ضخامت‌های متفاوت در چسب ... ۷۱
شکل ۵-۳۴: تغییرات حداکثر تنش برشی در کل چسب به ازای طول‌های متفاوت در چسب ۷۲
شکل ۵-۳۵: تغییرات حداکثر تنش برشی در صفحه‌ی میانی چسب به ازای طول‌های متفاوت در چسب..... ۷۲
شکل ۵-۳۶: تغییرات حداکثر تنش برشی در کل چسب به ازای مدول‌های الاستیسیته متفاوت در چسب..... ۷۳
شکل ۵-۳۷: تغییرات حداکثر تنش برشی در صفحه‌ی میانی چسب به ازای مدول های الاستیسیته متفـاوت چسـب ۷۳
شکل ۵-۳۸: تغییرات حداکثر تنش برشی در کل چسب به ازای ضریب‌های پواسون متفاوت در چسب..... ۷۴
شکل ۵-۳۹: تغییرات حداکثر تنش برشی در صفحه‌ی میانی چسب به ازای ضریب های پواسون متفاوت در چسب ۷۴

فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۱: واحدهای معمول برای چگالی خطی رشته‌ها ۱۶
جدول ۳-۲: خصوصیات الگوهای بافت دو بعدی بر اساس نوع بافت ۲۴
جدول ۴-۱: خواص الیاف شیشه نوع E و فاز زمینه‌ی اپوکسی ۳۷
جدول ۴-۲: ثوابت الاستیک رشته‌ها ۳۸
جدول ۵-۱: تنش‌های اجزاء مختلف اتصال تحت بارگذاری‌های جداگانه کششی و خمشی ۴۶
جدول ۵-۲: تنش‌های اجزاء مختلف اتصال تحت بارگذاری ترکیبی کششی و خمشی (مگا پاسکال) ۴۸
جدول ۵-۳: تنش های اجزاء مختلف اتصال تحت بارگذاری‌های ترکیبی کششی و خمشی مختلف (مگا پاسکال) ۴۸
جدول ۵-۴: حداکثر تنش فون‌مایزز در اجزای یک چسب‌شونده به ازای تعداد المان مختلف (مگاپاسکال) ۵۰
جدول ۵-۵: حداکثر تنش‌های تورق و برشی در کل و صفحه‌ی میانی چسب (مگاپاسکال) ۵۱

فهرست علامت‌ها

علامت‌های لاتین

سطح مقطع رشته	A_y
پهنای رشته‌های تار و پود	a_{we} ,a_{wa}
قطر یک رشته در حالت ایده‌آل دایره	d
مدول الاستیک	E
مدول برشی	G
فضای خالی بین هر دو رشته	g_{we} ,g_{wa}
ضخامت یک لایه ماده مرکب بافته شده	H
طول یک دور پیچش	h
ضخامت رشته‌های تار و پود	h_{we} ,h_{wa}
کمترین ضخامت فاز زمینه در یک لایه ماده مرکب بافته شده	h_m
ضریب پیچش	k
فاصله‌ی بین مرکزهای دو رشته‌ی مجاور (فاصله‌ی بین رشته‌ای)	P
ضریب سستی	S
چگالی خطی رشته‌ها	T
کسر حجمی فاز زمینه و الیاف در یک رشته	V_f ,V_m

علامت‌های یونانی

زاویه‌ی پیچش	β
ضریب پواسون	υ
چگالی الیاف	ρ_f
تنش تورق در چسب	σ_y
تنش برشی در چسب	τ_{yz}

فصل اول

مقدمه

افزایش تقاضا برای بهینه‌سازی خواص مکانیکی و در عین حال کاهش وزن و هزینه‌های ساخت و همچنین داشتن خواص متفاوت در جهات دلخواه، باعث افزایش کاربرد مواد مرکب[1] در صنایع مختلف شده است. مواد مرکب از قرن‌ها پیش مورد استفاده قرار گرفته است ولی هنوز تاریخ مشخصی به‌عنوان شروع کاربرد این مواد ثبت نشده است. برخی از اولین اطلاعات ثبت شده بیانگر استفاده‌ی مصریان از تخته‌ی چندلا، خمیر کاغذ و استفاده از کاه جهت بالا بردن مقاومت آجرهای گلی بوده است. فلسطینیان ۸۰۰۰ سال قبل از میلاد نیز از نی و حصیر در ساخت آجر و از حرارت خورشید برای عمل آوردن آن استفاده می‌کردند. ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد در خاورمیانه اولین ماده‌ی مرکب که در آن از پلیمر استفاده شده بود، برای قیراندود کردن قایق‌ها استفاده شد. از سال ۱۹۶۰ میلادی مواد مرکب پلیمری به‌عنوان مواد مهندسی مناسب برای کاربردهای مختلف شامل قطعات اتومبیل، قطعات هوافضایی، محصولات ورزشی و صنایع دریایی، طراحی و ساخته شده‌اند [۱].

۱-۱ ماده‌ی مرکب

ماده‌ی مرکب بیانگر مخلوطی از حداقل دو ماده‌ی متفاوت در مقیاس ماکروسکوپی جهت حصول ماده‌ای جدید است. مقیاس ماکروسکوپی به این معنی است که هر کدام از اجزای تشکیل

---

[1] - Composite

دهنده‌ی ماده‌ی مرکب را پس از ترکیب می‌توان با چشم غیرمسلح مشاهده نمود.

در مواد مرکب معمولاً یک جزء به‌عنوان فاز تقویت کننده و جزء دیگر که این فاز را در بر می‌گیرد، نقش زمینه[1] را دارد. فاز تقویت کننده در شکل‌های الیاف[2]، ذره (حبه)[3] و یا پولک[4] (الیاف کوتاه) به‌کار می‌رود. الیاف تقویتی سختی، استحکام و پایداری دمایی را برای ماده‌ی مرکب فراهم می‌کند. همچنین، بیشتر بار اعمال شده به ماده‌ی مرکب توسط الیاف تحمل می‌شود. فاز زمینه نیز معمولاً از یک ماده‌ی پیوسته تشکیل شده است و به‌صورت پلیمری، سرامیکی و فلزی در ساخت مواد مرکب به‌کار می‌رود. همچنین فاز زمینه باعث ثبات شکلی سازه مرکب، نگهداری الیاف در جهات مورد نظر و محافظت از الیاف در مقابل حملات شیمیایی و محیطی می‌شود. بتن تقویت‌شده با فولاد و یا اپوکسی تقویت‌شده با الیاف گرافیتی و ... از جمله مواد مرکب مرسوم و پرکاربرد به شمار می‌آیند [۲].

۱-۲ ماده‌ی مرکب بافته‌شده

در ماده‌ی مرکب بافته شده[5] (پارچه)، فاز تقویت کننده به‌صورت الیاف است که به شکل‌های مختلف و متنوعی درهم تنیده و بافته می‌شوند. فاز زمینه نیز معمولاً از جنس پلیمر است. ساده‌ترین شکلی که از بافتن رشته‌ها وجود دارد، شکل ساده[6] است. در بافت ساده، دو مجموعه رشته یعنی تار[7] و پود[8] عمود بر هم بافته می‌شوند به این صورت که هر رشته‌ی تار (پود) در مسیر خود به‌صورت یک در میان از زیر و روی مجموعه رشته‌های پود (تار) عبور می‌کند. از جمله مزیت‌های مهم پارچه‌ها می‌توان نسبت استحکام به وزن بالا، مقاومت در برابر خستگی و نیز مقاومت در برابر خوردگی، هزینه کم و قابلیت دفع ارتعاشات را نام برد. این گروه از مواد مرکب

1 - Matrix
2 - Fiber
3 - Particle
4 - Whisker
5 - Woven Composite Materials
6 - Plain
7 - Warp
8 - Weft

به‌دلیل ایجاد ساختار تداخلی (بافته‌شده)، دارای استحکام بیشتری هستند، به‌همین دلیل هم از نقطه‌نظر دانشگاهی و هم از نقطه‌نظر صنعتی به شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند. صنعت هوافضا، صنایع وابسته به نیروهای دریایی و دفاعی و نیز صنعت خودروسازی از جمله مهم‌ترین زمینه‌های کاربرد پارچه‌ها هستند [۳].

۱-۳ انواع اتصال

سازه‌های متشکل از مواد مرکب، از قطعات و اجزای متعددی ساخته شده که با اتصال‌های مختلف به یکدیگر مرتبط می‌شوند. این اتصال‌ها معمولاً از نوع مکانیکی[1] (پیچ و پرچ)، چسبی[2] و جوشی[3] هستند. اتصال‌های پیچی در دسته اتصال‌های موقت و اتصال‌های پرچی، چسبی و جوشی جزء اتصال‌های دائم هستند.

۱-۳-۱ اتصال چسبی

در صورتی که بارگذاری خیلی بزرگ نباشد، برای اتصال مواد فلزی و غیرفلزی از اتصالات چسبی استفاده می‌شود. در هر اتصال یک لایه به عنوان لایه‌ی چسب[4] می‌باشد که بین دو لایه‌ی چسب‌شونده[5] قرار می‌گیرد. بنابراین چسب ماده‌ای است که از آن برای اتصال سطوح مواد به یکدیگر استفاده می‌شود.

اتصالات چسبی مزیت‌های زیادی نسبت به سایر انواع اتصالات دارند، به‌طور مثال می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تمرکز تنش پایین به‌علت یکنواختی سطح.

1 - Mechanical joint
2 - Adhesive joint
3 - Weld joint
4 - Adhesive layer
5 - Adherend layers

- ایجاد تنش‌های کمتر در نواحی اتصال به‌علت بزرگ بودن سطح تماس.
- مقاومت بالا در برابر خستگی.
- نسبت استحکام به وزن بالا.
- عدم نیاز به سوراخ‌کاری قطعه.

اتصالات چسبی علاوه بر مزایای ذکر شده، دارای محدودیت‌ها و معایبی هستند که در طراحی باید به آنها توجه کرد. این معایب عبارتند از:

- انجام عملیات پرداخت‌کاری روی سطوح برای اتصال کامل بین لایه‌ها (به‌خصوص برای شیشه).
- اکثر چسب‌ها محدودیت دمای کاری دارند زیرا چسب‌ها در دماهای بالا نرم و ضعیف و در دماهای پایین ترد و شکننده هستند.
- محدودیت ضخامت چسب‌شونده‌ها.

۱-۴ هدف پایان‌نامه

به‌دلیل استفاده روزافزون از پارچه‌ها در صنایع پیشرفته، داشتن اطلاعات کافی و دقیق از توزیع تنش در اتصالات گریزناپذیر است. اتصال‌ها یکی از معمول‌ترین عوامل شکست در سازه‌ها به‌حساب می‌آیند به‌طوری که حدود ۷۰ درصد شکست از این قسمت سازه‌ها شروع می‌شود. بنابراین مورد توجه قرار دادن جنبه‌های مختلف اتصال در طی پروسه طراحی بسیار مهم است. هدف از این پژوهش، بررسی توزیع تنش در اتصال تک‌لبه تحت بارهای کششی و خمشی که در آن چسب‌شونده‌ها از مواد مرکب بافته شده با بافت ساده هستند، با استفاده از روش اجزاء محدود در نرم‌افزار انسیس ورکبنچ[1] مورد بررسی قرار گرفت. پارچه‌های به‌کار رفته، به‌کمک نرم‌افزار سالیدورکز[2]

[1] - Workbench
[2] - SolidWorks

مدل‌سازی شده و جهت تحلیل تنش وارد نرم‌افزار انسیس ورکبنچ شد. در تحلیل این اتصال ابتـدا نیروی کششی و گشتاور خمشی مناسب را به‌دست آورده سپس تـأثیر پارامترهـایی نظیـر ضـریب سستی[1] (فاصله بین رشته‌ها)، ضخامت چسب، طول چسب، مدول الاستیسـیته و ضـریب پواسـون چسب را بر روی تنش‌های وارده بر چسب و نیز اجزای تشکیل‌دهنده چسـب‌شـونده، شـامل فـاز زمینه و رشته‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

۱-۵ ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه در شش فصل تنظیم شده است. در فصل اول، مقدمه‌ای از مواد مرکب و همچنین مواد مرکب بافته شده و کاربردها و ضرورت انجام کار بیان می‌شود. در فصل دوم، پژوهش‌های انجام شده در زمینه مواد مرکب بافته شده و نیز اتصال تک‌لبه معمولی مرور می‌شود. فصل سوم به‌صورت مختصر در مورد انواع و اجزاء مواد مرکب بافته شده و مواد استفاده شده در ساخت این نوع مواد توضیحاتی ارائه می‌شود. در فصل چهارم فرآیند شبیه‌سازی سلول اولیه‌ی پارچه تا تولید اتصال در نرم‌افزار سالیدورکز و نیز شبکه‌بندی اجزاء مختلف آن، نحوه‌ی اتصال‌دهی بین اجزاء و بارگذاری‌ها توضیح داده می‌شود. در فصل پنجم نتایج حاصل از تحلیل اجزاء محدود بر اتصال تک‌لبه تشکیل شده از مواد مرکب بافته شده تحت بارهای کششی و خمشی ارائه خواهد شد و در نهایت نتیجه‌گیری به همراه پیشنهادهایی در فصل ششم بیان می‌شود.

[1] - Looseness factor

فصل دوم

مروری بر پژوهش‌های پیشین

اولین بیان از مکانیک ساختارهای بافته شده توسط پیرس[1] [۴] ارائه شد. ایشان با چند فرض ساده مدلی برای توصیف ساختار هندسی این مواد ایجاد کرد که بر دو فرض اساسی استوار بود. ایشان مقطع الیاف‌های پود را هنگام تعیین میزان انحناء الیاف‌های تار به‌صورت دایره و الیاف‌های تار را در نواحی بدون تماس با الیاف‌های پود به‌صورت خط راست در نظر گرفت و با استفاده از این فرضیات روابطی هندسی برای پارامترهای مختلف الیاف‌های تار و پود در ساختار بافته شده به‌دست آورد. بعد از آن مقالات زیادی درباره‌ی مواد مرکب با ساختار تار و پودی منتشر شد که در سال ۱۹۸۰ به نقطه‌ی اوج خود رسید. تحلیل مکانیکی این ساختارها در قرن جدید شامل ایجاد مدل‌هایی از هندسه‌ی داخلی ساختارهای بافته شده و بررسی رفتار مکانیکی آنها در شرایط مختلف بارگذاری است.

سین[2] و همکاران [۵] یک سلول واحد از مواد مرکب بافته شده با بافت ساده را مدل کرده و با تقسیم‌بندی سلول واحد به چندین ناحیه همگن متشکل از تار، پود و فاز زمینه، توابع شکل سطوح بالا و پایین را به‌دست آورده و بر اساس تابع تقریب جابجایی تحلیل عددی سه بعدی روی آن انجام دادند. توابع تقریب درون هر یک از نواحی الیاف و فاز زمینه برای مؤلفه‌های جابجایی و تنش پیوستگی را فراهم کرده است. و در نهایت تنش تورق و برشی را در سلول واحد با و بدون لایه‌لایه‌شدگی در فصل مشترک الیاف در شبکه‌بندی‌های متفاوت مورد بررسی قرار

---

1 - Pierce
2 - Sihn