بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه کاشان

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی‌ارشد

در رشته مهندسی مکانیک

عنوان:

تحلیل ارتعاشات پوسته های استوانه ای فلزی تقویت شده به وسیله چند لایه‌های کامپوزیتی

استاد راهنما:

دکتر احمدرضا قاسمی

توسط:

امین مولودیان

بهمن ۱۳۹۲

بسمه تعالی

تاریخ :
شماره :
پیوست :

دانشگاه کاشان
دانشکده مهندسی مکانیک

مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو: امین مولودیان شماره دانشجویی: ۹۰۱۳۵۲۰۰۱۵

رشته : مهندسی مکانیک- طراحی کاربردی دانشکده : مهندسی مکانیک

عنوان پایان نامه : تحلیل ارتعاشات پوسته های استوانه ای فلزی تقویت شده به وسیله چند لایه های کامپوزیتی

تعداد واحد پایان نامه : ۶ واحد تاریخ دفاع : ۹۲/۱۱/ ۲۷

این پایان‌نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد ارایه می‌گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۹۲ /۱۱/۲۷ مورد تایید و ارزیابی هیات داوران قرار گرفت و با نمره ۱۹/۸ و درجه عالی به تصویب رسید.

اعضاء هیات داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱. استاد راهنما	دکتر احمد رضا قاسمی	استادیار	
۲.متخصص وصاحب نظر از داخل دانشگاه	دکتر محسن ایرانی	استادیار	
۳. متخصص وصاحب نظر از داخل دانشگاه	دکتر کیوان ترابی	استادیار	
٤. نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه	دکتر کیوان ترابی	استادیار	

آدرس: کاشان- بلوار قطب راوندی
کدپستی ۸۷۳۱۷-۵۱۱۶۷
تلفن ۵۵۱۱۱۳۱ دورنگار ۵۹۱۲۴۲۴
www.kashanu.ac.ir

تقدیم به پیشگاه حضرت حق که قدرت فهمم بخشید و توان رفتنم آموخت.

باشد که تلاشم، رضایتش را به دنبال داشته باشد.

تقدیم به پدرم، او که در سایه حمایت و اندزهای پدرانه‌اش، گام‌هایم محکم و استوار گردید.

و

تقدیم به مادرم، او که همواره حضور گرمش را در کنارم و دعایش را بدرقه راهم، درک کردم.

تشکر

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او گزاردن نتوانند.

بدین وسیله کمال سپاس و قدردانی را از استاد فرزانه جناب آقای **دکتر احمدرضا قاسمی** که مرا در مراحل انجام این تحقیق یاری فرمودند، ابراز داشته و موفقیت روزافزون برای ایشان را از خداوند متعال آرزومندم. همچنین از آقایان **دکتر کیوان ترابی** و **دکتر محسن ایرانی** که به عنوان داور، پایان نامه بنده را مورد مطالعه و بررسی قرار داده و در جلسه دفاع شرکت نمودند، تشکر می‌نمایم.

چکیده

در این پایان نامه ارتعاشات پوسته استوانه فلزی تقویت شده به وسیله کامپوزیت به صورت غیرخطی، مورد تحلیل قرار گرفته می‌شود. در این تحقیق ابتدا با استفاده از فرضیات پوسته، معادلات ساختاری برای پوسته فلزی تقویت شده به وسیله کامپوزیت بدست می‌آید. سپس با استفاده از کرنش فون‌کارمن و حذف ترم‌های غیرخطی از معادلات حرکت پوسته دونل، سه معادله دیفرانسیل کوپل شده که توصیف کننده ارتعاشات خطی آزاد پوسته استوانه فلزی تقویت شده به وسیله کامپوزیت می‌باشد، یافت گردیده و با توجه به شرایط مرزی دوسرگیردار و با استفاده از جداسازی متغیرها و روش گالرکین، شکل مودها و فرکانس طبیعی ارتعاشات آزاد خطی پوسته استوانه یافت می‌شود. در مرحله بعد با استفاده از روش انرژی و اصل همیلتون، معادلات غیرخطی حاکم بر پوسته استوانه بر مبنای کرنش‌های فون‌کارمن استخراج می‌شود. سپس با استفاده از روش گالرکین، دستگاه معادلات حاکم برای تحلیل ارتعاشات غیرخطی پوسته استوانه فلزی تقویت شده به وسیله کامپوزیت، یافت شده و با لحاظ شرایط مرزی دوسرگیردار در توابع اولیه مورد استفاده، فرکانس طبیعی غیرخطی برای هر مود ارتعاش براساس تعداد موج‌های محیطی و تعداد نیم موج‌های طولی بدست می‌آید. با استفاده از روش حل ارائه شده مقادیر فرکانس طبیعی برای چیدمان‌های متقارن و متعامد لایه‌ها بدست آمده و فرکانس طبیعی غیرخطی محاسبه شده با مقادیر فرکانس طبیعی یافت شده به روش المان محدود مقایسه می‌شود و همچنین تغییرات فرکانس طبیعی غیر خطی پوسته استوانه را بر اساس تغییرات پارامترهای هندسی پوسته و تغییرات چیدمان لایه کامپوزیت تقویت کننده، بررسی شده و نتایج مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

کلمات کلیدی:

۱)ارتعاشات ۲)پوسته ۳)استوانه ۴) مقاوم سازی ۵)مواد مرکب ۶)روش گالرکین ۷)اصل همیلتون

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱ مقدمه ۱

۱.۱ مقدمه ۲

۲.۱ مقدمه‌ای بر مواد مرکب ۴

۱.۲.۱ دسته بندی مواد زمینه ۶

۲.۲.۱ دسته بندی تقویت کننده‌ها ۷

۱.۲.۲.۱ تقویت کننده الیاف ۷

۲.۲.۲.۱ تقویت کننده ذره‌ای ۹

۳.۲.۲.۱ تقویت کننده ویسکر ۱۰

۳.۲.۱ موارد کاربرد کامپوزیت‌ها ۱۰

۴.۲.۱ مروری بر مقاوم‌سازی ۱۰

۱.۴.۲.۱ مقاوم سازی به کمک پیچش الیاف ۱۲

۲.۴.۲.۱ کاربرد کامپوزیت FRP در مقاوم سازی ۱۳

۳.۱ بررسی روش ها حل معادلات ۱۷

۱.۳.۱ حل دستگاه معادلات به روش گالرکین ۱۷

۲.۳.۱ مطالعه تئوری اجزا محدود و نرم افزار آباکوس ۱۹

۱.۲.۳.۱ تئوری اجزا محدود ۱۹

۲.۲.۳.۱ نرم افزار آباکوس ۲۱

۳.۲.۳.۱ مروری بر المان استفاده شده در نرم افزار ۲۲

۴.۱ مروری بر مطالعات گذشته ۲۲

۱.۴.۱ ساختار کار حاضر ۲۵

۲ معادلات ساختاری ۲۶

۱.۲ مقدمه ۲۷

۲.۲ فرضیات پوسته استوانه ۲۷

۳.۲ روابط تنش و کرنش در مواد مرکب ۳۱

۳ ارتعاشات آزادخطی ۳۸

۱.۳ مقدمه ۳۹

۲.۳ یافتن معادلات پایه ارتعاشات آزاد خطی ۳۹

۱.۲.۳ حل به روش گالرکین ۴۱

۴ ارتعاشات غیرخطی ۴۹

۱.۴ مقدمه ۵۰

۲.۴ یافت معدلات ارتعاشات غیرخطی بر اساس اصل همیلتون ۵۰
۱.۲.۴ محاسبه انرژی کرنش الاستیک، انرژی جنبشی و کار نیروهای خارجی ۵۱
۱.۱.۲.۴ انرژی کرنش الاستیک ۵۱
۲.۱.۲.۴ انرژی جنبشی ۵۳
۳.۱.۲.۴ کار انجام شده توسط نیروی خارجی ۵۴
۴.۱.۲.۴ رابطه انرژی با استفاده از اصل همیلتون ۵۵
۲.۲.۴ حل معادله ارتعاشات غیرخطی به روش گالرکین ۵۷
۵ حل عددی و نتیجه گیری ۵۹
۱.۵ مقدمه ۶۰
۲.۵ اعتبار سنجی ۶۲
۳.۵ نتایج حل ۶۷
۴.۵ نتیجه گیری ۷۸
۵.۵ پیشنهادها ۸۰
فهرست مراجع ۸۲

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱.۱ ساختار انواع صفحات تقویت کننده FRP ۱۴
شکل ۲.۱ مقاوم سازی مخازن و لوله‌های انتقال ۱۶
شکل ۳.۱ المان shell ۲۲
شکل ۱.۲ هندسه پوسته استوانه و مختصات مرجع [۲۹] ۲۸
شکل ۲.۲ چیدمان لایه های پوسته استوانه ۲۸
شکل ۳.۲ جابجایی های یک نقطه از پوسته استوانه ۳۰
شکل ۴.۲ چندلایه کامپوزیت باامتداد الیاف موازی محورهای مختصات ۳۱
شکل ۵.۲ چندلایه کامپوزیت باامتداد الیاف غیر موازی محورهای مختصات ۳۲
شکل ۶.۲ چندلایه کامپوزیت با امتداد الیاف غیر موازی با مختصات استوانه‌ای ۳۴
شکل ۷.۲ منتجه‌های تنش در یک المان پوسته ۳۶
شکل ۱.۳ عدد n موج های محیطی مشخص کننده شکل مود ۴۳
شکل ۲.۳ عدد m نیم موج های طولی مشخص کننده شکل مود ۴۳
شکل ۳.۳ جفت مود یکسان- مود $\cos(\theta)$ و مود $\sin(\theta)$ ۴۳
شکل ۴.۳ شکل مود به ازای مقادیر n و m ۴۴
شکل ۱.۵ مراحل انجام حل بوسیله نرم افزار آباکوس ۶۳
شکل ۲.۵ نمودار مقایسه مقادیر فرکانس طبیعی کارحاضر و نرم افزار ۶۵
شکل ۳.۵ تغییرات فرکانس طبیعی نسبت به تعداد موج های محیطی ۶۷
شکل ۴.۵ تغییرات فرکانس طبیعی پوسته مبنا نسبت به شماره مود ۶۹
شکل ۵.۵ تغییرات فرکانس طبیعی پوسته مبنا نسبت به تغییرات نسبت طول به شعاع استوانه ۷۰
شکل ۶.۵ تغییرات فرکانس طبیعی پوسته مبنا نسبت به تغییرات نسبت ضخامت کل پوسته به شعاع استوانه ۷۱
شکل ۷.۵ تغییرات فرکانس طبیعی پوسته مبنا نسبت به تغییرات نسبت ضخامت چندلایه به ضخامت فلز. ۷۲
شکل ۸.۵ تغییرات فرکانس طبیعی چندلایه‌های متعامد نسبت به شماره مود ۷۴
شکل ۹.۵ تغییرات فرکانس طبیعی نسبت به تغییرات نسبت طول به شعاع استوانه ۷۵
شکل ۱۰.۵ تغییرات فرکانس طبیعی نسبت به تغییرات نسبت ضخامت کل پوسته به شعاع استوانه ۷۶
شکل ۱۱.۵ تغییرات فرکانس طبیعی نسبت به تغییرات نسبت ضخامت چندلایه به ضخامت فلز ۷۷

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱.۵ مشخصات هندسی پوسته مبنا..... ۶۱
جدول ۲.۵ مشخصات فیزیکی پوسته مبنا..... ۶۱
جدول ۳.۵ مقایسه فرکانس طبیعی کار حاضر و نرم افزار..... ۶۳
جدول ۴.۵ مقایسه فرکانس طبیعی کار حاضر و نرم افزار در مود ارتعاشی اول و دوم..... ۶۶
جدول ۵.۵ شکل مود و فرکانس طبیعی پوسته مبنا..... ۷۳

فهرست علائم

R	شعاع استوانه
L	طول استوانه
u	جابه جایی در راستای ۱
v	جابه جایی در راستای ۲
w	جابه جایی در راستای ۳
h_c	ضخامت چند لایه
h_m	ضخامت فلز
h	ضخامت پوسته
χ	تغییر مکان طولی
θ	تغییر مکان زاویه ای
z	تغییر مکان عرضی
ε	کرنش
K	کرنش برشی
σ	تنش
τ	تنش برشی
Q	ماتریس لختی
E	مدول الاستیسیته
ν	ضریب پواسون
G	مدول برشی
N	منتجه نیرو
M	منتجه ممان

A	ماتریس لختی کششی
B	ماتریس لختی کوپل کششی خمشی
D	ماتریس لختی خمشی
ρ	چگالی
t	زمان
ω	فرکانس طبیعی
U	دامنه ارتعاش در راستای ۱
V	دامنه ارتعاش در راستای ۲
W	دامنه ارتعاش در راستای ۳
l	شماره مود ارتعاشات
n	تعداد موج های محیطی
m	تعداد نیم موج های طولی
L	لاگرانژین
T_s	انرژی جنبشی
Π	انرژی پتانسیل
V_s	انرژی کرنش الاستیک
W_s	کار
q	نیرو بر واحد سطح

فصل اول

۱ مقدمه

۱.۱ مقدمه

امروزه استفاده از مواد مرکب در صنایع مختلف به علت بالابودن نسبت استحکام به وزن، مقاومت در برابر خوردگی و سادگی کاربرد آن‌ها در حال افزایش است. هم اکنون در صنایع مختلف علاوه بر قطعات و تجهیزات که تماما از مواد مرکب طراحی و ساخته شده‌اند، از مواد مرکب جهت مقاوم سازی قطعاتی با جنس‌های دیگر نیز بهره می‌جویند. مقاوم سازی با مواد مرکب به علت امکان استفاده از خواص همزمان جنس پایه و مواد مرکب، امکان مقاوم سازی در حین استفاده از تجهیزات و هزینه کمتر نسبت به طراحی و ساخت قطعه جدید مورد توجه قرار گرفته‌است. یکی از مقاطعی که در صنایع کاربرد دارد مقطع دایروی و اشکال استوانه‌ای شکل است که در تولید اجزا و تجهیزات زیادی به صورت استوانه‌های توخالی مورد استاده قرار می‌گیرد. از جمله تجهیزات پوسته استوانه‌ای می‌توان به مخازن نگه‌داری مواد و لوله‌های انتقال سیالات اشاره کرد که اغلب در صنایع از فلزات برای تهیه آن‌ها استفاده می‌شود و یا صنایعی هم‌چون صنعت نفت و گاز که تجهیزاتی عظیم و در حال استفاده از این نوع استوانه‌های فلزی دارند که امکان توقف روند تولید و تعویض تجهیزات وجود ندارد، بدین دلیل، جهت افزایش مقاومت در برابر نیروهای وارده، خوردگی و استقامت در هنگام زلزله، لایه های کامپوزیتی به عنوان عنصر تقویت کننده می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

یکی از محاسبات مورد نیاز در هنگام بررسی مقاوم سازی استوانه های فلزی به وسیله کامپوزیت تحلیل ارتعاشات است که به کمک آن پارامتر های مورد نیاز جهت استقامت در برابر ارتعاشات سیستمی یا خارجی همچون زلزله استخراج می‌گردد. امروزه با توجه به افزایش امکانات

محاسباتی، استفاده از تحلیل ارتعاشات غیرخطی[1] در بسیاری از زمینه‌های مهندسی مکانیک رایج شده‌است. پست و همکاران[۱] مروری بر برخی از کاربرد های ارتعاشات غیرخطی در دینامیک ماشین‌ها و مکانیزم‌ها انجام داده‌اند.

عوامل ایجاد رفتار ارتعاش غیرخطی در سازه‌های سیستم‌های پیوسته را می‌توان به سه دسته کلی عوامل غیرخطی مادی، اینرسی و هندسی تقسیم‌کرد[۲].

اثرات غیرخطی مادی در موادی که در آن‌ها رابطه بین تنش و کرنش را نمی‌توان به صورت خطی و با استفاده از قانون هوک مدل کرد اتفاق می‌افتد. اثرات غیر خطی اینرسی از وجود جرم‌های متمرکز و یا گسترده ناشی می‌شود و در تابع انرژی جنبشی سیستم ظاهر می‌شود. اثرات غیرخطی هندسی به علت تغییر شکل‌های‌بزرگ و یا روابط هندسی غیرخطی بین اجزای سیستم به وجود می‌آیند و عموماً توسط رابطه غیرخطی بین‌کرنش- جابه‌جایی بیان می‌شوند. اثرات غیرخطی هندسی در تابع انرژی پتانسیل سیستم ظاهر می‌شوند .در صورت وجود عوامل غیرخطی در سازه‌ها، رفتارهای فیزیکی اتفاق می‌افتد که با نظریه سیستم‌های خطی قابل پیش بینی و توضیح نیست. ارتعاشات هندسی غیرخطی را می‌توان به دو دسته کلی ارتعاشات کرنش محدود[2] و ارتعاشات با تغییر شکل بزرگ تقسیم کرد، ارتعاشات با تغییر شکل بزرگ عموماً با استفاده از فرضیات فون‌کارمن[3] مدل می‌شوند[۳].

در این پایان‌نامه ارتعاشات پوسته استوانه فلزی تقویت شده به وسیله چندلایه کامپوزیت به صورت خطی با استفاده از معادلات حرکت دونل و همچنین غیرخطی با استفاده از روش انرژی و اصل همیلتون بر مبنای کرنش های فون کارمن با شرایط مرزی دوسر گیردار تحلیل می گردد.

[1] Nonlinear Vibration

[2] Finite Strain

[3] Von Karman

۲.۱ مقدمه‌ای بر مواد مرکب

ترکیب دو یا چند ماده با یکدیگر به طوری که به صورت شیمیایی مجزا و غیر محلول باشند و هر کدام از اجزا خواص خود را داشته و خواص این ترکیب نسبت به هر یک از اجزاء تشکیل دهنده آن به تنهایی، در موقعیت برتری قراربگیرد را کامپوزیت می‌نامند. به عبارت دیگر کامپوزیت به دسته‌ای از مواد اطلاق می‌شود که آمیزهای از موادمختلف و متفاوت ترکیب باشند و اجزاء تشکیل دهنده آن‌ها هویت خود را حفظ کرده، در یکدیگر حل نشده و با هم ممزوج نمی‌شوند. با توجه به این امر کامپوزیت از آلیاژ فلزی متفاوت می‌باشد.

بنابراین کامپوزیت ترکیبی از حداقل دو ماده مجزای شیمیایی با فصل مشترک مشخص بین هر جزء تشکیل‌دهنده است که خواص اجزا را به صورت همزمان دارا می‌باشد.

یکی از اولین کامپوزیتی که بشر با آن سروکار پیدا کرد، کاه گل می باشد. پیش از آن انسان ها برای ساختن خانه از گل استفاده می‌کردند، اما چون گل بعد از خشک شدن ترک می‌خورد، مقداری کاه به آن افزودند تا حفره‌ها را پر کند و مانع از ترک خوردن گل شود. همینطور مصریان در قایق‌هایشان به چوب بدنه مقداری پارچه می‌آمیختند تا در اثر خیس شدن چوب باد نکند. اما به هر حال می‌شود گفت که مواد کامپوزیتی در سال‌های‌اخیر است که به عنوان یک ماده مهندسی پذیرفته شده‌اند.

کامپوزیت ترکیب فیزیکی دو ماده با خواص متفاوت است. بنابراین کامپوزیت‌ها از دو فاز تشکیل شده اند: فاز پیوسته (زمینه) و فاز ناپیوسته (تقویت‌کننده) ماده دومی که به ماده اول اضافه می‌شود تا دسته‌ای از خواص آن را بهبود بخشد.

در یک کامپوزیت به طور کلی تقویت کننده، عضو بار پذیر اصلی سازه هستند در حالی که زمینه آنها را در محل و آرایش مطلوب نگاه داشته، وظیفه محافظت از ماده تقویت کننده در برابر عوامل شیمیایی را دارد و بعنوان یک محیط منتقل کننده بار بین تقویت‌کننده عمل میکند، به علاوه آنهارا از صدمات محیطی در اثر بالا رفتن دما و رطوبت حفظ می‌کند.

تقویت‌کننده‌ها موادی هستند که به صورت تکه تکه، یک صفحه، یک رشته یا یک ذره در یک زمینه پیوسته وارد می‌شوند تا خواص ماده زمینه را بهبود بخشند. کامپوزیت‌ها بر اساس نوع

زمینه‌ای که تقویت کننده را احاطه نموده است و آن‌ها را بهم اتصال می‌دهد، به سه گروه عمده بر اساس یک طبقه بندی بین‌المللی واحد تقسیم می‌شوند که عبارتند از[۴]:

۱)کامپوزیت‌های با زمینه‌ی فلزی[1]

این گروه کامپوزیت هایی هستند که زمینه اصلی آنها از فلزات می‌باشد مانند فلز آلومینیم که به وسیله ذرات Al_2O_3 تقویت شده باشد. از ویژگی های آنها می توان به استحکام بالای عرضی، برشی و فشاری، دمای کارکرد بالا و عدم جذب آب و آتش نام برد.

۲)کامپوزیت‌های با زمینه‌ی سرامیکی[2]

سرامیک ها زمینه اصلی این گروه از کامپوزیت ها را تشکیل می دهد و از ویژگی بارز آنها می توان به توانایی کار در دمای بسیار بالا و شکننده بودن اشاره کرد. کامپوزیت های زمینه سرامیکی کاربرد فراوانی در صنایع فضایی مانند استفاده در بدنه فضاپیما و محفظه احتراق شاتل را دارا می‌باشد.

۳)کامپوزیت‌های با زمینه‌ی پلیمری[3]

کامپوزیت‌های پایه پلیمری که دارای زمینه ای از انواع پلیمرها مانند اپوکسی، فنولیک و پلی استر می‌باشد، مهم‌ترین دسته از کامپوزیت‌ها می‌باشند. طیف وسیعی از صنایع، از صنایع رده بالا مثل تولید قطعات هواپیما گرفته تا صنایع رده پایین مثل تولید سینک ظرفشویی از کامپوزیت‌های پایه پلیمری تولید می‌شود و در حال حاضر ۹۵ درصد بازار کامپوزیت‌ها را به خود اختصاص داده‌اند و به همین دلیل بزرگ‌ترین زیر مجموعه مواد مرکب محسوب می‌شوند. کامپوزیت‌های پایه پلیمری در حال حاضر تنها به میزان یک درصد، در مهد تولد خود یعنی صنایع هوافضا کاربرد دارند و قسمت عمده الباقی در صنایع ساختمان، دریایی، حمل و نقل و نفت وگاز به کار گرفته می‌شوند. درحقیقت توسعه فن آوری تولید کامپوزیت‌های پایه پلیمری این امکان را فراهم کرده است تا اغلب صنایع از مزایای منحصر به فرد این مواد بهره جویند. کاهش وزن سازه ساخته شده با توجه به معماری قابل تغییر بر اساس خواست طرح، ایمن بودن

[1] Metal Matrix Composite (MMC)

[2] Ceramic Matrix Composite (CMC)

[3] Polymer Matrix Composite (PMC)

در برابر پدیده خوردگی، قابلیت تحمل بارهای سیکلی و مقاومت مناسب در برابر پدیده خستگی، سادگی روش‌های تولید، امکان تولید اشکال بسیار پیچیده با روش‌های بسیار آسان، کارآمد و مقرون به صرفه، سهولت فرآیندهای تعمیر و عیب یابی، ضریب انبساط حرارتی پایین و عایق مناسب حرارتی، عایق‌الکتریکی، بهبود اتصالات و امکان تولید یکپارچه، خصوصیات ارتعاشی بسیار مناسب، مقاوم بودن نسبت به پدیده تشدید در ارتعاشات نسبت به فلزات و قابلیت مونتاژ آسان و قیمت مناسب، از دیگر ویژگی‌های کامپوزیت‌های پایه پلیمری می‌باشد.

۱.۲.۱ دسته بندی مواد زمینه

بر اساس انواع کامپوزیت‌ها که بیان شد زمینه‌ی کامپوزیت‌ها به سه دسته‌ی پلیمرها، سرامیک‌ها و فلزات می‌شود.

پلیمرها

پلیمرها موسوم به رزین متداول‌ترین مواد زمینه هستند و معمولاً به دو گروه کلی ترموست[1] و ترموپلاستیک[2] تقسیم می‌شوند.

پلیمرهای ترموست چگالی پایین و تولید راحت‌تری دارند زیرا گران روی آن‌ها در حالت مذاب پایین‌تر است و به راحتی بر روی الیاف پخش می‌شوند از این نوع پلیمرها می‌توان به اپوکسی و پلی استر اشاره کرد. این پلیمرها قابلیت بازیافت ندارند و کرنش کم تا لحظه‌ی شکست، جذب رطوبت بالا و مقاومت در برابر حلال‌ها از ویژگی‌های دیگر ترموست‌ها می‌باشد.

پلیمرهای ترموپلاست، قابلیت بازیافت دارند و از این حیث از ترموست‌ها بهترند ولی به دلیل گران روی بالایی که دارند در ساخت مشکلات فراوانی ایجاد می‌کنند. کرنش زیاد تا لحظه‌ی شکست، جذب رطوبت کم و مقاومت ناچیز در برابر حلال‌ها از ویژگی‌های دیگر ترموپلاست‌ها می‌باشد.

[1] Thermoset

[2] Thermoplastic

در گذشته ترموست‌ها مواد اصلی زمینه کامپوزیت‌ها بودند. اگرچه امروزه کاربرد ترموپلاستیک‌ها رو به افزایش است ولی ترموست‌ها صلبیت خوبی دارند و در دماهای بالاتر کارایی بهتری دارند. از طرفی ذوب مجدد ترموست‌ها به دلیل شبکه‌ای شدن امکان پذیر نیست، در حالی که ترموپلاستیک‌ها شبکه‌ای نمی‌شوند و جامداتی هستند که ذوب، شکل دهی و سپس سرد می‌شوند.

سرامیک‌ها

مواد جامدی هستند که نوعاً پیوند یونی دارند هر چند بعضی از آن‌ها مانند کاربید سیلیسیم پیوند کووالانسی دارند. پایداری شدید شیمیایی و گرمایی مشخصه اکسیدها، کاربیدها، نیتریدها است که اساس مواد سرامیکی را تشکیل می‌دهند. مهم‌ترین کاربرد آن‌ها شامل جداره خارجی فضاپیماها است. محدوده کاری آن‌ها ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ درجه فارنهایت و برای یک یا دو دقیقه ۶۰۰۰ درجه فارنهایت است.

فلزات

مهم‌ترین مواد زمینه فلزی، آلومینیوم، منیزیم و مس است. اولین استفاده از کامپوزیت‌های زمینه فلزی دراجزای شاتل‌های فضایی بود. این مواد به عنوان رینگ، پیستون، پروانه توربین و غیره به کار رفته‌اند.

۲.۲.۱ دسته بندی تقویت کننده‌ها

انواع تقویت کننده‌های کامپوزیت‌ها به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱.۲.۲.۱ تقویت کننده الیاف

موادی هستند که در مقایسه با سایر مواد، یک محور بسیار بلند دارند و استحکام آن‌ها در جهت طولی نسبت به سایر جهات به مراتب بیشتر است.

الیاف شیشه

الیاف شیشه متداول‌ترین نوع الیاف می‌باشند که از قرن‌ها پیش مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند. در دوره رنسانس برای استحکام به اجسام ظریف و نازک، رشته‌های شیشه‌ای به شکل متقاطع یا بافته متصل می‌شد.

الیاف شیشه را بر اساس تقویت در جهت کارایی خاص به سه دسته تقسیم بندی می‌کنند[۵].

الیاف شیشه نوع A [۱]

این نوع شیشه بیشترین کاربرد را در درب‌ها و پنجره‌ها دارد، لیکن به علت مقاومت شیمیایی بسیار خوب در مواد مرکب نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. مواد مرکبی که الیاف آن‌ها از این نوع باشد دارای‌مقاومت شیمیایی بسیار خوبی خواهند بود.

شیشه نوع E [۲]

اولین شیشه‌ای که به طور خالص برای تولید الیاف ساخته شد، شیشه بروسیلیکات آلومینا بوده که قبلاً در سیستم‌های الکتریکی کاربرد داشته است. این شیشه که به اختصار بنام شیشه نوع E شناخته می‌شوند، منجر به تولید اولین پارچه تقویت کننده استاندارد شده که امروزه نما سازی و مصارف خانگی نسبت به استفاده سازه ای کاربرد بیشتری دارد. این نوع شیشه به علت دارا بودن مقاومت الکتریکی بسیار خوب در مواردی که نیاز به عایق الکتریکی است نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

الیاف شیشه نوع S [۳]

ویژگی اصلی این نوع شیشه استحکام بالای آن است، به طوری که استحکام کششی آن حدود ۳۳٪ و مدول الاستیسیته آن ۲۰٪ بالاتر از شیشه نوع E است. این شیشه دارای نسبت استحکام به وزن بسیار بالا بوده و همچنین دارای رفتار خوبی در درجه حرارت‌های بالاست. این نوع شیشه دارای حد خستگی نسبتاً بالا است. از این نظر، بیشترین کاربرد شیشه S در صنایع هوایی و

---

[1] A Glass

[2] E Glass

[3] S Glass