



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مکانیک
گروه حرارت و سیالات

حل تحلیلی دوبعدی انتقال حرارت در استوانه کامپوزیتی

امین امیری دلوئی

استاد راهنما :
دکتر محمد حسن کیهانی

استاد مشاور:
دکتر محمود نوروزی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۸۹

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : مکانیک

گروه : حرارت و سیالات

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای امین امیری دلوئی
تحت عنوان: حل تحلیلی دوبعدی انتقال حرارت در استوانه کامپوزیتی

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	دکتر محمود نوروزی		دکتر محمد حسن کیهانی

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :

تقدیم بہ پدر و مادر عزیزم

کہ ہموارہ مشوق من در ادامہ راہ بودہ اند

تقدیر و تشکر

در اینجا بر خود لازم می دانم از کمک ها و راهنمایی های بی دریغ جناب آقایان دکتر محمد حسن کیهانی و دکتر محمود نوروزی که با صبر، حوصله و اخلاق بی نظیر خود مرا در انجام این پروژه یاری کرده اند و جناب استاد اسدا... زحمتکش که دلسوزانه راهنمای من در امر تحصیل بوده اند، صمیمانه قدردانی نمایم. همچنین از تمامی اساتید بخش مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود که همواره مرا مرهون زحمات خود قرار داده اند، کمال تشکر را دارم.

اینجانب امین امیری دلوئی تایید می نمایم که نتایج مندرج در این پایان نامه حاصل تحقیقات و محاسبات اینجانب می باشد و در موارد استفاده از نتایج تحقیقات دیگران منبع آن را ذکر نموده ام.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات ، آزمایشات و نو آوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد .

شهریور ماه ۱۳۸۹

چکیده

در مطالعه حاضر یک حل تحلیلی دقیق برای انتقال حرارت پایدار و ناپایدار دو بعدی در لمینیت های استوانه ای کامپوزیتی ارائه گردیده است. لمینیت مورد نظر استوانه ای شکل بوده و رشته ها به دور استوانه پیچیده شده اند، همچنین راستای رشته ها در هر لایه می تواند با لایه های دیگر متفاوت باشد. در این تحقیق بر روی انتقال حرارت متقارن محوری با در نظر گرفتن هدایت در جهت طولی و شعاعی تمرکز کرده ایم. شرایط مرزی حرارتی اعمال شده به صورت کلی و شامل اثرات هدایت، جابجایی و تشعشع در مرزهاست. یافتن کلی ترین حل ممکن بر مبنای شرایط مرزی پیچیده یکی از مهمترین نوآوری های مطالعه حاضر است. به منظور حل مساله در حالت پایدار، ابتدا با استفاده از تئوری اشتراک-لیوویل تبدیل فوریه مناسب بدست آمده است سپس با استفاده از این تبدیل، معادله دیفرانسیل جزئی هدایت در استوانه به یک معادله معمولی تبدیل شده است. به دلیل تغییر زاویه الیاف در هر لایه، یک دستگاه معادلات برای ضرایب تبدیل فوریه بر اساس شرایط مرزی داخل و خارج استوانه و همچنین پیوستگی شار و دما در مرز بین لایه ها بدست آمده است، که این دستگاه معادلات با استفاده از الگوریتم توماس حل گردیده است و نهایتاً با اعمال تبدیل فوریه معکوس توزیع دمای نهایی بدست آمده است. در حالت ناپایا حل کمی پیچیده تر است زیرا ابتدا بایستی با استفاده از تبدیل لاپلاس مساله را از حوزه زمان به مکان منتقل نمود و سپس مشابه حالت پایدار به ساخت تبدیل فوریه مناسب و حل مساله پرداخت؛ جواب بدست آمده در حوزه مکان با استفاده از تبدیل لاپلاس معکوس به حوزه زمان منتقل می شود که با توجه به پیچیدگی انتگرال حاصل از روشی موسوم به روش توابع مرمرفیک برای محاسبه لاپلاس معکوس استفاده شده است. در پایان با ارائه مثال های کاربردی مثل مخزن انبارش، پین فین و لوله خنک کن راکتور هسته ای با شار حرارتی متغییر سینوسی در جهت طولی، به بررسی اثر تغییر زاویه الیاف روی توزیع درجه حرارت در لایه های کامپوزیتی پرداخته شده و نشان داده شده است که توزیع درجه حرارت برای هر لایه کامپوزیتی با زاویه الیاف دلخواه بین توزیع درجه حرارت برای زوایای $\theta = 0^\circ$ و $\theta = 90^\circ$ قرار دارد.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

1. On heat conduction problem in multi-layer composite pin fins, 3rd international conference " Advanced Composite Materials Engineering (COMAT 2010) "
2. Numerical modeling of 3D unsteady conductive heat transfer in composite tanks, 3rd international conference " Advanced Composite Materials Engineering (COMAT 2010) "
3. An exact solution of axi-symmetric conductive heat transfer in cylindrical composite laminate under the general boundary conditions", International conference on fluid mechanics (ICFM 2010)"

۴- بررسی تحلیلی انتقال حرارت هدایتی در لمینیت های کامپوزیتی استوانه ای گرافیت اپوکسی،

مجله علمی و پژوهشی هوا و فضا، دانشگاه امام حسین (ع) (تحت بررسی)

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱- مقدمه
۲	۲-۱- مروری بر تاریخچه و کاربردهای مواد مرکب
۱۷	۳-۱- مروری بر تحقیقات گذشته
۲۱	۴-۱- معرفی تحقیق اخیر
	فصل دوم: خصوصیات مواد مرکب
۲۴	۱-۲- مقدمه
۲۴	۲-۲- خواص عمومی مواد مرکب
۲۵	۳-۲- قسمت های تشکیل دهنده مواد مرکب
۲۶	۱-۳-۲- خصوصیات الیاف
۲۶	۲-۳-۲- خصوصیات تارها
۲۷	۳-۳-۲- خصوصیات ماتریس
۲۸	۴-۲- طبقه بندی مواد مرکب
۲۸	۱-۴-۲- مواد مرکب با الیاف تصادفی
۲۹	۲-۴-۲- مواد مرکب لایه ای
۳۰	۳-۴-۲- مواد مرکب ذره ای
۳۱	۵-۲- اصطلاحات مواد مرکب لایه ای
۳۲	۶-۲- شکل و چگونگی بافتن الیاف
۳۴	۷-۲- انواع مواد مورد استفاده در الیاف
۳۶	۸-۲- الیاف تجارتي
۳۷	۱-۸-۲- الیاف شیشه
۴۰	۲-۸-۲- الیاف کربن و گرافیت
۴۳	۳-۸-۲- الیاف بر
۴۳	۴-۸-۲- الیاف آرامید
۴۴	۵-۸-۲- مقایسه الیاف تجارتي
۴۴	۹-۲- انواع مواد مورد استفاده در رزین
۴۶	۱-۹-۲- ترموست ها
۴۷	۲-۹-۲- ترمو پلاستیک ها

۴۸	۱۰-۲- انواع مواد مورد استفاده در پرکننده ها
۴۹	۱۱-۲- فرایندهای تولید مواد مرکب
	فصل سوم: فیزیک انتقال حرارت در مواد مرکب
۵۶	۱-۳- مقدمه
۵۶	۲-۳- اصول انتقال حرارت در مواد مرکب
۶۱	۳-۳- مدل سازی، معادلات حاکم و شرایط مرزی
	فصل چهارم: بررسی انتقال حرارت دائم در مواد مرکب
۷۰	۱-۴- مقدمه
۷۰	۲-۴- حل تحلیلی برای شرایط مرزی کلی
۷۷	۳-۴- مثال ها
۷۹	۱-۳-۴- مخزن
۹۷	۲-۳-۴: پین فین
۱۰۲	۳-۳-۴: لوله خنک کن راکتور هسته ای
	فصل پنجم: بررسی انتقال حرارت غیر دائم در مواد مرکب
۱۱۱	۱-۵- مقدمه
۱۱۱	۲-۵- حل تحلیلی برای شرایط مرزی کلی
۱۱۸	۳-۵- مثال
۱۳۸	نتیجه گیری
۱۴۰	پیشنهادات جهت ادامه تحقیق
۱۴۱	پیوست الف: الگوریتم توماس بکار گرفته شده برای یک ماتریس پنج قطری
۱۴۷	پیوست ب: توابع مرمرفیک
۱۴۸	مراجع

فهرست علائم

شار حرارتی (W / m^2)	q_i
هدایت حرارتی در جهات فرعی ($W / m K$)	k_{ij}
دمای لمینیت (K)	T
مختصه طولی (m)	x_i
زاویه قرار گیری الیاف	θ
درصد حجمی الیاف	v_f
درصد حجمی ماده زمینه	v_m
ضریب حرارتی الیاف ($W / m K$)	k_f
ضریب هدایت ماده زمینه ($W / m K$)	k_m
حجم (m^3)	V
سطح (m^2)	A
مختصه شعاعی (m)	r
مختصه محوری (m)	z
مختصه زاویه مماسی	φ
چگالی (Kg / m^3)	ρ
ظرفیت گرمایی ($J / Kg K$)	C
هدایت حرارتی در جهات اصلی ($W / m K$)	\bar{k}
زمان (s)	t
چشمه انرژی (W / m^3)	g
مختصات منحنی الخط متعامد	u_i
فاکتورهای تبدیل محور مختصات	a_i
مقدار $\cos \theta$	m_l
مقدار $\sin \theta$	n_l
عملگر لاپلاس	L
تبدیل فوریه تابع f	$F(f)$
تابع بسط اصلاح شده نوع اول از مرتبه v	I_v
تابع بسط اصلاح شده نوع دوم از مرتبه v	k_v

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۸	جدول (۱-۱) سازه های رشته پیچی شده برای کاربردهای فضایی ، آبی و نظامی
۹	جدول (۲-۱) سازه های رشته پیچی شده برای کاربردهای تجاری و صنعتی
۱۴	جدول (۳-۱) مشخصات الیاف رایج در کاربردهای صنعتی
۱۵	جدول (۴-۱) نمونه هایی از خواص الیاف، ماتریس ها و مواد صنعتی
۱۵	جدول (۵-۱) نمونه هایی از خواص انتقال حرارت هدایتی کامپوزیت های مختلف
۱۶	جدول (۶-۱) نمونه هایی از خواص مکانیکی کامپوزیت های مختلف
۲۶	جدول (۱-۲) خصوصیات الیاف
۲۷	جدول (۲-۲) خصوصیات تارها
۴۰	جدول (۳-۲) درصد وزنی اجزای تشکیل دهنده انواع شیشه
۴۱	جدول (۴-۲) خواص مکانیکی انواع شیشه
۶۳	جدول (۱-۳) پدیده های فیزیکی که کمیت هایشان از خواص مواد خالص سازنده آن ها قابل محاسبه اند
۷۸	جدول (۱-۴) خواص الیاف و ماده زمینه برای ماده مرکب در نظر گرفته شده
۷۸	جدول (۲-۴) خواص ماده مرکب کولار/اپوکسی
۸۰	جدول (۳-۴) هندسه و شرایط مرزی مخزن
۹۸	جدول (۴-۴) هندسه و شرایط مرزی پره
۱۰۳	جدول (۵-۴) هندسه و شرایط مرزی لوله خنک کن راکتور

فهرست اشکال

صفحه		عنوان
۵	انواع مقاطع، پروفیل ها و لوله های ساخته شده از مواد مرکب	شکل (۱-۱)
۵	تکنولوژی تولید نواربافی در تولید مواد مرکب	شکل (۲-۱)
۶	تکنولوژی تولید رشته پیچی در تولید بدنه یک راکت	شکل (۳-۱)
۱۲	استفاده از کامپوزیت های مدرن در بمب افکن B2	شکل (۴-۱)
۱۳	کوره کیورینگ قطعات کامپوزیتی بزرگ	شکل (۵-۱)
۱۳	کامپوزیت کربن / اپوکسی	شکل (۶-۱)
۱۴	کامپوزیت سیلیکون کاربید / تیتانیوم	شکل (۷-۱)
۳۲	لایه های مواد مرکب	شکل (۱-۲)
۳۶	مقاومت کششی ویژه و مدول کششی ویژه برای چند نوع از الیاف	شکل (۲-۲)
۵۰	طرح شماتیک لایه گذاری دستی	شکل (۳-۲)
۵۱	طرح شماتیک لایه گذاری پاششی	شکل (۴-۲)
۵۲	طرح شماتیک قالب گیری حرارتی	شکل (۵-۲)
۵۳	طرح شماتیک روش رشته پیچی	شکل (۶-۲)
۵۴	طرح شماتیک روش کشش رانی	شکل (۷-۲)
۵۸	دستگاه های مختصات اصلی و فرعی	شکل (۱-۳)
۶۲	جهت الیاف در یک لایه استوانه ای	شکل (۲-۳)
۶۵	شارهای حرارت در یک المان استوانه ای	شکل (۳-۳)
۶۸	چیدمان لایه ها در لمینیت استوانه ای	شکل (۴-۳)
۸۰	هندسه ومختصات بکار رفته برای مخزن	شکل (۱-۴)
۸۱	حداکثر تغییرات دما بر حسب جملات سری در یک لمینیت تک لایه	شکل (۲-۴)
۸۱	توزیع دما در لمینیت یک لایه در حالت $\theta = 0^\circ$ و $Q = 400(w/m^2)$	شکل (۱-۳-۴)
۸۲	توزیع دما در لمینیت یک لایه در حالت $\theta = 90^\circ$ و $Q = 400(w/m^2)$	شکل (۲-۳-۴)
۸۲	توزیع دما در لمینیت یک لایه در حالت $\theta = 0^\circ$ و $Q = 800(w/m^2)$	شکل (۳-۳-۴)
۸۳	توزیع دما در لمینیت یک لایه در حالت $\theta = 90^\circ$ و $Q = 800(w/m^2)$	شکل (۴-۳-۴)
۸۳	توزیع دما در لمینیت یک لایه در حالت $\theta = 0^\circ$ و $Q = 1200(w/m^2)$	شکل (۵-۳-۴)
۸۴	توزیع دما در لمینیت یک لایه در حالت $\theta = 90^\circ$ و $Q = 1200(w/m^2)$	شکل (۶-۳-۴)
۸۴	توزیع دما در لمینیت یک لایه در حالت $\theta = 0^\circ$ و $Q = 1600(w/m^2)$	شکل (۷-۳-۴)
۸۵	توزیع دما در لمینیت یک لایه در حالت $\theta = 90^\circ$ و $Q = 1600(w/m^2)$	شکل (۸-۳-۴)
۸۶	کانتورهای توزیع دما در یک لمینیت تک لایه برای زوایای الیاف و شارهای حرارتی مختلف	شکل (۴-۴)
۸۷	کانتورهای توزیع دما در یک لمینیت تک لایه برای زوایای الیاف و شارهای حرارتی مختلف	شکل (۵-۴)
۸۸	تغییرات ضریب μ بر حسب زاویه الیاف	شکل (۶-۴)
۸۹	ماکزیمم توزیع دمای نسبی بر حسب زاویه الیاف تحت شارهای حرارتی مختلف	شکل (۷-۴)
۹۰	میانگین توزیع دمای نسبی بر حسب زاویه الیاف تحت شارهای حرارتی مختلف	شکل (۸-۴)

۹۱	توزیع دما در لمینیت شبه ایزوتروپ و $Q = 400(w/m^2)$	شکل (۱-۹-۴)
۹۱	توزیع دما در لمینیت شبه ایزوتروپ و $Q = 800(w/m^2)$	شکل (۲-۹-۴)
۹۲	توزیع دما در لمینیت شبه ایزوتروپ و $Q = 1200(w/m^2)$	شکل (۳-۹-۴)
۹۲	توزیع دما در لمینیت شبه ایزوتروپ و $Q = 1600(w/m^2)$	شکل (۴-۹-۴)
۹۳	کانتورهای توزیع دما در یک لمینیت شبه ایزوتروپیک برای زوایای الیاف و شارهای حرارتی	شکل (۱۰-۴)
۹۴	توزیع جمله a_n سری فوریه بر حسب $n/2$ در لمینیت استوانه ای شبه ایزوتروپ	شکل (۱-۱۱-۴)
۹۵	توزیع جمله b_n سری فوریه بر حسب $n/2$ در لمینیت استوانه ای شبه ایزوتروپ	شکل (۲-۱۱-۴)
۹۵	توزیع جمله $I_0 \left(\frac{\lambda_n r_i}{\mu_i} \right)$ بر حسب $n/2$ در لمینیت استوانه ای شبه ایزوتروپ	شکل (۳-۱۱-۴)
۹۶	توزیع جمله $K_0 \left(\frac{\lambda_n r_i}{\mu_i} \right)$ بر حسب $n/2$ در لمینیت استوانه ای شبه ایزوتروپ	شکل (۴-۱۱-۴)
۹۷	هندسه ومختصات بکار رفته برای پره	شکل (۱۲-۴)
۹۹	دمای بی بعد میانگین بر حسب زاویه الیاف تحت ضرایب جابجایی مختلف	شکل (۱۳-۴)
۱۰۰	نرخ سرد شدن بر حسب تغییرات ضریب جابجایی برای آرایش الیاف مختلف	شکل (۱-۱۴-۴)
۱۰۰	نرخ سرد شدن بر حسب تغییرات نسبت هدایت برای آرایش الیاف مختلف	شکل (۲-۱۴-۴)
۱۰۱	نرخ سرد شدن بر حسب تغییرات قطر پین برای آرایش الیاف مختلف	شکل (۱-۱۵-۴)
۱۰۱	نرخ سرد شدن بر حسب تغییرات ارتفاع پین برای آرایش الیاف مختلف	شکل (۲-۱۵-۴)
۱۰۲	هندسه ومختصات بکار رفته برای لوله خنک کن راکتور هسته ای	شکل (۱۶-۴)
۱۰۴	کانتورهای توزیع دما پایدار در جهت شعاعی برای لمینیت ایزوتروپیک در مقاطع طولی	شکل (۱-۱۷-۴)
۱۰۵	کانتورهای توزیع دما پایدار در جهت شعاعی برای لمینیت اورتوتروپیک در مقاطع طولی	شکل (۲-۱۷-۴)
۱۰۶	کانتورهای توزیع دما پایدار در جهت شعاعی برای لمینیت کراس پلای در مقاطع طولی	شکل (۳-۱۷-۴)
۱۰۷	کانتورهای توزیع دما پایدار در جهت شعاعی برای لمینیت شبه ایزوتروپیک در مقاطع طولی	شکل (۴-۱۷-۴)
۱۰۸	نمودارهای توزیع دما پایدار در جهت طولی برای لمینیت ایزوتروپیک در مقاطع شعاعی	شکل (۱-۱۸-۴)
۱۰۸	نمودارهای توزیع دما پایدار در جهت طولی برای لمینیت اورتوتروپیک در مقاطع شعاعی	شکل (۱-۱۸-۴)
۱۰۹	نمودارهای توزیع دما پایدار در جهت طولی برای لمینیت کراس پلای در مقاطع شعاعی	شکل (۱-۱۸-۴)
۱۰۹	نمودارهای توزیع دما پایدار در جهت طولی برای لمینیت شبه ایزوتروپیک در مقاطع شعاعی	شکل (۱-۱۸-۴)
۱۱۹	کانتورهای توزیع دما در لمینیت ایزوتروپیک برای مقطع $z = L/3$	شکل (۱-۵)
۱۲۰	کانتورهای توزیع دما در لمینیت اورتوتروپیک برای مقطع $z = L/3$	شکل (۲-۵)
۱۲۱	کانتورهای توزیع دما در لمینیت کراس پلای برای مقطع $z = L/3$	شکل (۳-۵)
۱۲۲	کانتورهای توزیع دما در لمینیت شبه ایزوتروپیک برای مقطع $z = L/3$	شکل (۴-۵)
۱۲۳	کانتورهای توزیع دما در لمینیت ایزوتروپیک برای مقطع $z = L/2$	شکل (۵-۵)
۱۲۴	کانتورهای توزیع دما در لمینیت اورتوتروپیک برای مقطع $z = L/2$	شکل (۶-۵)
۱۲۵	کانتورهای توزیع دما در لمینیت کراس پلای برای مقطع $z = L/2$	شکل (۷-۵)
۱۲۶	کانتورهای توزیع دما در لمینیت شبه ایزوتروپیک برای مقطع $z = L/2$	شکل (۸-۵)
۱۲۷	کانتورهای توزیع دما در لمینیت ایزوتروپیک برای مقطع $z = 2L/3$	شکل (۹-۵)
۱۲۸	کانتورهای توزیع دما در لمینیت اورتوتروپیک برای مقطع $z = 2L/3$	شکل (۱۰-۵)
۱۲۹	کانتورهای توزیع دما در لمینیت کراس پلای برای مقطع $z = 2L/3$	شکل (۱۱-۵)
۱۳۰	کانتورهای توزیع دما در لمینیت شبه ایزوتروپیک برای مقطع $z = 2L/3$	شکل (۱۲-۵)

۱۳۱	نمودارهای توزیع دما در لمینیت ایزوتروپیک در مقطع $r = R/۳$	شکل (۵-۱۳)
۱۳۱	نمودارهای توزیع دما در لمینیت ارتوتروپیک در مقطع $r = R/۳$	شکل (۵-۱۴)
۱۳۲	نمودارهای توزیع دما در لمینیت کراس پلای در مقطع $r = R/۳$	شکل (۵-۱۵)
۱۳۲	نمودارهای توزیع دما در لمینیت شبه ایزوتروپیک در مقطع $r = R/۳$	شکل (۵-۱۶)
۱۳۳	نمودارهای توزیع دما در لمینیت شبه ایزوتروپیک در مقطع $r = R/۲$	شکل (۵-۱۷)
۱۳۳	نمودارهای توزیع دما در لمینیت ارتوتروپیک در مقطع $r = R/۲$	شکل (۵-۱۸)
۱۳۴	نمودارهای توزیع دما در لمینیت کراس پلای در مقطع $r = R/۲$	شکل (۵-۱۹)
۱۳۴	نمودارهای توزیع دما در لمینیت شبه ایزوتروپیک در مقطع $r = R/۲$	شکل (۵-۲۰)
۱۳۵	نمودارهای توزیع دما در لمینیت ایزوتروپیک در مقطع $r = ۲R/۳$	شکل (۵-۲۱)
۱۳۵	نمودارهای توزیع دما در لمینیت ارتوتروپیک در مقطع $r = ۲R/۳$	شکل (۵-۲۲)
۱۳۶	نمودارهای توزیع دما در لمینیت کراس پلای در مقطع $r = ۲R/۳$	شکل (۵-۲۳)
۱۳۶	نمودارهای توزیع دما در لمینیت شبه ایزوتروپیک در مقطع $r = ۲R/۳$	شکل (۵-۲۴)
۱۴۷	محل قرارگیری قطب ها	شکل (ب-۱)

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

در این فصل ضمن بررسی تاریخچه مواد مرکب، جنبه های کاربردی و به ویژه انتقال حرارت هدایتی در این مواد مورد بررسی قرار می گیرد. در ادامه، مرور مفصلی بر تحقیقات پیشین انجام گرفته و ضرورت انجام تحقیق صورت گرفته تشریح می شود. در نهایت ساختار کلی تحقیق اخیر و اهداف مورد نظر آن بیان می گردد.

۱-۲- مروری بر تاریخچه و کاربردهای مواد مرکب

بطور کلی دسته بزرگی از مواد جامد موجود در طبیعت از جمله مواد اورتوتروپیک به شمار می آیند. در این مواد خواص مکانیکی وابسته به جهت است. هر چند که رفتار اورتوتروپیک در بسیاری از فلزات و جامدات پلیمری قابل صرفنظر است اما این رفتار در بسیاری از مواد خام و بویژه کانی ها رفتاری غالب به شمار می آید. چوب معروف ترین ماده خام غیرایزوتروپیک محسوب می شود. در چوب درخت خواص مکانیکی در جهت آوندها بسیار قویتر از سایر جهات متعامد بر آن است. به دلیل همین ویژگی و شکل پذیری آسان این ماده، از دوران باستان استفاده از چوب در ساخت دکل های کشتی و ستون های ساختمان ها رایج بوده است. استفاده از برخی مواد جامد جهت بهبود رفتار مکانیکی مواد خام از دیرباز مورد توجه بشر بوده است. به عنوان نمونه می توان به استفاده از کاه گل در معماری سنتی رایج در بسیاری از نقاط جهان اشاره نمود. همچنین استفاده از پیچش محیطی به منظور افزایش مقاومت گسیختگی برخی سازه ها در گذشته نیز متداول بوده است. برای جلوگیری از گسیختگی بشکه های استوانه ای و یا لوله های چوبی بدور آنها سیم می پیچیدند و یا جهت چسباندن دو قطعه نیم استوانه از این عمل استفاده می شد.

در اواخر قرن نوزدهم، کشف نفت در ایالت پنسیلوانیا سبب بروز تغییران عمده در زندگی بشر شد. یکی از این تغییرات ساخت مواد پلیمری بود که به سرعت جای خود را در صنعت نساجی باز نمود. مواد پلیمری، مواد نسبتاً ارزان قیمت و سبکی محسوب می شدند که رفتار خوردگی آنها در برابر فلزات و حتی استیل- های ضد زنگ بسیار بهتر بود. پروسه تولید این مواد ارزان و ساده بوده و به دلیل شکل پذیری بالا به سرعت جای خود را در صنایع مختلف باز نمودند. مشکلات عمده ای که استفاده از مواد پلیمری ترموپلاستیک را محدود می ساخت عبارتند از [Gibson, 2008]:

- مقاومت مکانیکی بسیار ضعیف در مقایسه با فولادها: برای مثال تنش تسلیم پلی اتیلن حدود ۴۰ تا ۵۰ مرتبه از St37 کمتر است.
- نقطه ذوب پایین
- قابلیت اشتعال
- عدم مقاومت در برابر اشعه ماورابنفش و نورخورشید

از اواسط قرن بیستم، تکنیک های مختلفی جهت بهبود رفتار این مواد به کار گرفته شد که به پیدایش دانش مواد مرکب منجر گردید. در این تکنیک ها با اضافه کردن فیبر به پلیمرهای مختلف رفتار مکانیکی آن ها به طور چشمگیری بهبود یافت. معروف ترین مواد مرکب قطعات فایبرگلاس هستند که معمولاً از ترکیب الیاف شیشه، پلی اتیلن و رزین تشکیل می شوند. به دلیل سبکی، رفتار خوردگی بسیار مناسب و استحکام کافی، استفاده از آن ها در ساخت بسیاری از تجهیزات آبی سبک نظیر قایق ها و شناورهای کوچک بسرعت متداول گردید [Gibson, 2008]. از آن زمان تاکنون استفاده از این مواد در بسیاری از صنایع مختلف رایج بوده است. به عنوان مثال از دهه ۸۰ میلادی استفاده از این مواد در ساخت مقاطع مختلف ساختمانی رایج شده است. با بکارگیری تکنولوژی نه چندان پیچیده، تولید تقریباً تمامی مقاطع ساختمانی از مواد کامپوزیتی (ترکیب الیاف و پلیمرها) امکان پذیر شده است. برای ساخت این مقاطع می توان آن ها را با استفاده از قالب های تزریق پیوسته ویژه ای تولید نمود. در این روش، الیاف به داخل حمام رزین و پلیمر مذاب فشرده می شوند و

پس از عبور از قالب، قطعه کامپوزیتی شکل نهایی خود را پیدا می کند. این روش تولید اصطلاحاً پولتروژن^۱ نامیده می شود و سرعت تولید این مقاطع در هر دستگاه حدود یک فوت بر دقیقه است [Herakovich, 1998]. در شکل (۱-۱) نمونه هایی از این مقاطع، لوله ها و پروفیل های کامپوزیتی نشان داده شده است. مطابق شکل، امکان تولید انواع نبشی، ناودانی، تیر I، لوله و قوطی از مواد مرکب وجود دارد. همچنین از این روش برای ساختن سایر قطعات مشبک کامپوزیتی^۲ توری ها و و نیز جداره های نازک استفاده می شود.

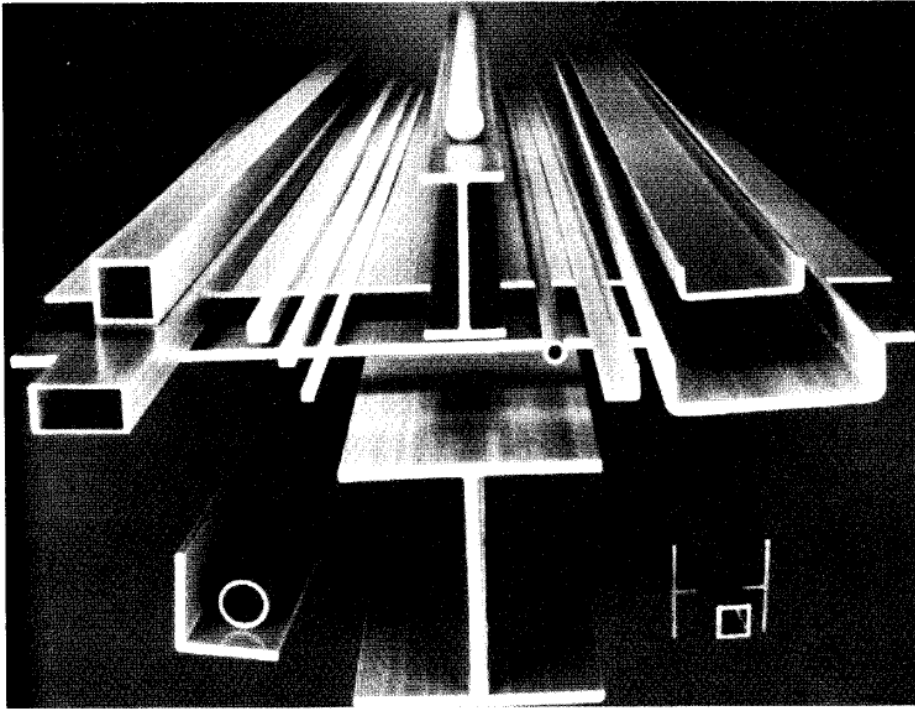
هرچند اصولاً این مقاطع دارای قیمت نسبتاً ارزان و وزن کمی هستند اما به دلیل فرایند دشوار جوشکاری مواد کامپوزیتی و نیز مقاومت مکانیکی نسبتاً کمتر از مقاطع فولادی هنوز راه درازی برای به کارگیری گسترده از این مواد و به چالش کشیدن مقاطع فولادی در سازه ها وجود دارد. روش دیگری که با استفاده از آن می توان اقدام به ساخت قطعات کامپوزیتی نمود روش نواربافی^۳ است. این روش، یک روش نسبتاً ارزان برای تولید قطعات دارای اشکال پیچیده است. از این روش برای تولید انواع تسمه، لوله، مقاطع I و T و مقاطع استوانه ای شکل دارای لمینای مارپیچی^۴ استفاده می شود.

1. Pultrusion

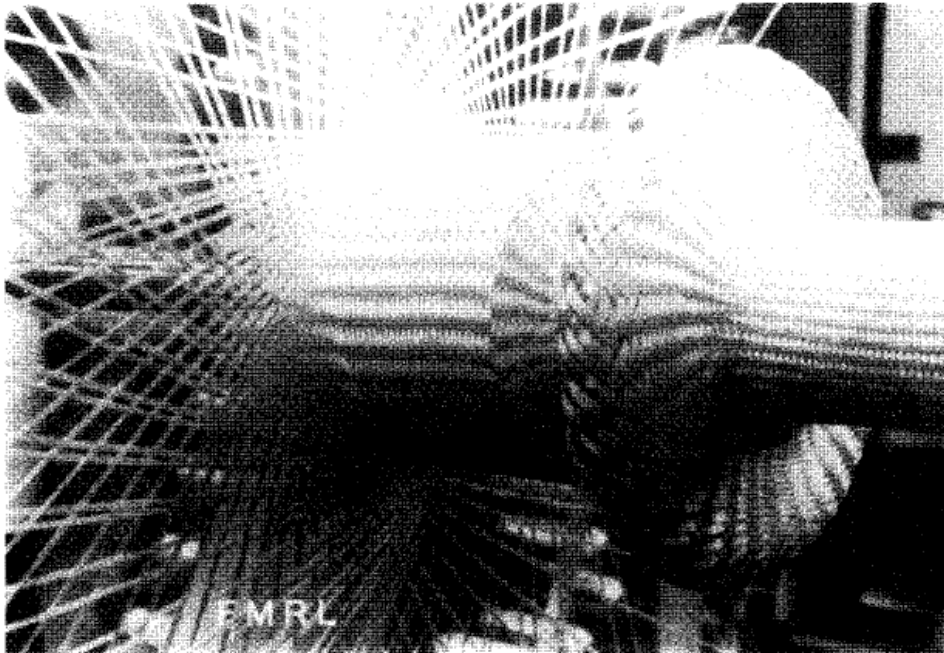
2. Grating

3. Braiding

4. Spiral



شکل (۱-۱): انواع مقاطع، پروفیل ها و لوله های ساخته شده از مواد مرکب [Herakovich, 1998]



شکل (۲-۱): تکنولوژی تولید نواربافی در تولید مواد مرکب [Herakovich, 1998]