مجله علوم و فناوری نساجی و پوشاک
دوره ۹، شماره ۳، شماره پیاپی ۳۵،
صفحه ۳۶-۲۹، ۱۳۹۹
ISSN: ۲۱۵۱-۷۱۶۲

مقایسه رفتار زانویی‌های کامپوزیتی منسوجی یکپارچه و غیریکپارچه تحت فشار هیدرواستاتیکی

Comparison The Behavior of Monolithic and Non-monolithic Textile Reinforced Composite elbows under Hydrostatic Pressure

مریم زینیوند مجرد[1*]، هادی دبیریان[1]، امیرمسعود رضادوست[2]، هوشنگ نصرتی[1]

۱- تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی
۲- تهران، بلوار پژوهش، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

چکیده

امروزه استفاده از کامپوزیت ها در صنایع مختلف رشد چشمگیری داشته است. از انواع کامپوزیت ها می توان به اتصالات کامپوزیتی اشاره نمود که در صنایعی مانند نفت، گاز و پتروشیمی مورد استفاده قرارمی گیرند.اتصالات در تغییرمسیرلوله، تغییرقطرلوله، چندشاخه‌شدن لوله و...کاربرد دارند. یکی از این اتصالات، زانویی است. هدف استفاده از زانویی تغیر مسیر حرکت سیال در خط لوله است. در تحقیق حاضر، به منظور تولید زانویی کامپوزیتی، ابتدا پیش‌شکل‌های به فرم زانویی به کمک ماشین تخت‌باف الکترونیک تولیدشد. پیش‌شکل‌های تولیدشده به عنوان جزء تقویت‌کننده زانویی کامپوزیتی مورداستفاده قرارگرفت تا به روش قالبگیری بادکنکی(بلادرمولدینگ) به زانویی کامپوزیتی تبدیل‌شوند. زانویی‌های تولیدشده تحت آزمایش فشار هیدرواستاتیک قرارگرفتند و نتایج آن با زانویی تولیدشده به روش دستی مقایسه‌گردید. نتایج حاصل از آزمایش فشار نشان‌داد که اتصال زانویی یکپارچه در فشار معادل با ۱،۲۶۶مگاپاسکال و زانویی غیریکپارچه در فشار ۰،۹۶مگاپاسکال دچار شکست‌می‌گردد و بر این اساس می‌توان بیان‌نمود که قابلیت تحمل فشار هیدرواستاتیک در نمونه یکپارچه به میزان ۲۴٪ نسبت به غیریکپارچه افزایش‌می‌یابد.

کلمات کلیدی
اتصالات کامپوزیتی،
پیش‌شکل یکپارچه،
حلقوی‌پودی،
بلادرمولدینگ،
فشارهیدرواستاتیک

۱- مقدمه

اتصالات در تغییر مسیر لوله، تغییر قطر لوله، چند شاخه‌شدن لوله و...کاربرد دارند. یکی از این اتصالات، زانویی می‌باشد. هدف استفاده از زانویی تغیر مسیر حرکت سیال در خط لوله است. لوله‌ها و اتصالات کامپوزیتی یکی از محصولاتی است که در چندسال اخیربه طورگسترده‌ای در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در ایران و جهان مورد استفاده قرارگرفته است و بازار این محصول به طور فزاینده‌ای در حال گسترش است. این لوله‌ها با استفاده از تقویت‌کننده‌های الیاف شیشه، رزین‌های گرماسخت و دیگر مواد افزودنی تولید می‌گردند. درصد وزنی الیاف به طراحی محصول نهایی وابسته خواهد بود. جهت الیاف، چیدمان لایه‌ها و تعداد لایه‌های تقویت‌کننده، تعیین‌کننده‌ی ویژگی‌های مکانیکی لوله‌ها هستند. از انواع رزین‌های مورد استفاده می‌توان به پلی‌استر، اپوکسی و وینیل‌استر اشاره نمود[۱]. فرآیند مرسومی که برای تولید لوله‌های کامپوزیتی مورداستفاده قرارمی‌گیرد، فرآیند رشته‌پیچی است که برای تولید لوله‌های مستقیم با طولی بلند مناسب است. با این حال استفاده از این فرآیند جهت تولید قطعاتی با پیچیدگی هندسی بیشتر، همانند تبدیل‌ها، اتصالات خمیده و اتصالات T شکل نیازمند زمان و هزینه زیادی از لحاظ نیروی کاری است. به همین جهت، ایده‌های تولیدی در صنعت نساجی به سمت تهیه‌ی پیش‌شکل‌هایی رفته تا تولید لوله‌ها و اتصالات مربوطه با پیچیدگی‌های هندسی را به راحتی امکان‌پذیرسازد [۱]. یکی از کاربردهای کامپوزیت‌های

*مسئول مکاتبات،پیام نگار: zeinivand9@gmail.com

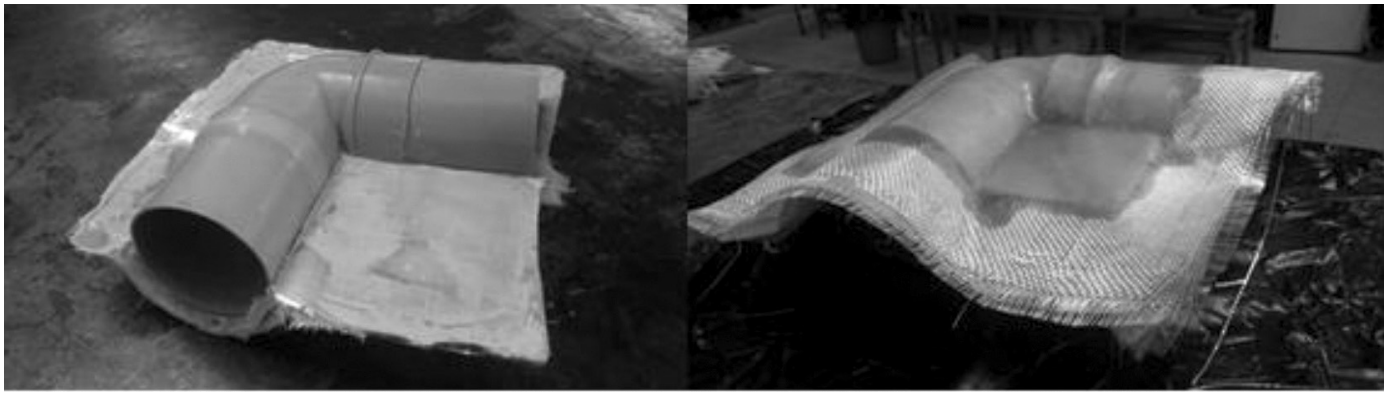
منسوجی تولید لوله‌ها و اتصالات کامپوزیتی است. در روش‌های رایج تولید اتصالات کامپوزیتی درصنعت، تکه‌های نمدی بریده‌شده از الیاف شیشه به عنوان جزء تقویت‌کننده به‌کارمی روند[۲]. بافندگی حلقوی پتانسیل زیادی برای تولید انواع خاصی از تقویت‌کننده با شکل‌های مختلف جهت تولید سازه‌های کامپوزیتی دارد[۲]. سایر روش‌های تولید پارچه نمی‌توانند به طورمستقیم در تولید تقویت‌کننده‌های پیچیده به‌کاررروند. در شرایطی که جذب یا تحمل آسیب از اهمیت بالایی برخوردار باشد، پارچه‌های حلقوی به دلیل داشتن ضربه‌پذیری عالی مناسب خواهندبود. پارچه‌های حلقوی شیشه وکربن که با استفاده از ماشین‌های حلقوی استاندارد تولیدمی‌گردد، دارای خصوصیات منحصربه‌فردی است که به طور بالقوه برای اجزای کامپوزیتی خاص مناسب است[۲]. زانوها اتصالاتی هستندکه دو حجم با ساختار لوله‌ای را با زاویه‌ای معین به هم متصل‌می‌نمایند. ساختارهای حلقوی‌پودی به عنوان تقویت‌کننده در کامپوزیت‌ها مورد استفاده قرارمی‌گیرند. بافت بخش‌های زانویی این امکان را فراهم‌می‌نماید که بدون نیاز به عمل دوخت به یک حجم یک‌پارچه دست‌یافت[۳]. هدف از بافت ساختارهای پیوسته دست‌یابی به انعطاف‌پذیری و استحکام لازم به منظور جلوگیری از خستگی و ترک‌خوردگی کامپوزیت‌ها است. ساختارهای تولیدشده با ماشین حلقوی‌پودی به صورت لوله‌ای تولیدمی‌گردند[۳]. یکی از مشکلاتی که بافت حلقوی نسبت به سایر بافت‌ها دارد و باعث‌شده است کمتر در تهیه‌ی کامپوزیت‌ها مورد استفاده قراربگیرد، مدول اولیه کمتر است. علت کم‌بودن استحکام این منسوجات به دلیل حلقه‌های موجود بوده که جهت ایجاد آن‌ها نخ خم شده است. اما استحکام بافت حلقوی را می‌توان با قراردادن نخ پود در زوایا و جهت‌های مناسب و همچنین تغییر تراکم حلقه در واحد سطح افزایش‌داد[۴]. کامپوزیت‌های منسوجی برخلاف کامپوزیت‌های تقویت‌شده با رشته الیاف توسط منسوجات(پارچه) تولیدمی‌گردند. این کامپوزیت‌ها به دلیل بافت‌رفتگی فاز تقویت‌کننده، خواص مطلوب‌تری را در جهت ضخامت لایه کامپوزیتی از خود نشان‌می‌دهند. به دلیل این بافت‌رفتگی، رشته‌های تقویت‌کننده مقاومت دوچندانی را در برابر گسترش آسیب در حین شکست و تسلیم از خود نشان‌می‌دهند. علاوه برآن منسوجات منجر به ایجاد مقاومت بیشتر در برابر ضربه، سادگی فرآیند تولید و تولید قطعه کامپوزیتی با هندسه پیچیده‌می‌گردد[۴]. در این مطالعه، به علت امکان تولید پیش‌شکل با هندسه پیچیده، برای اتصالات کامپوزیتی از پیش‌شکل‌های حلقوی‌پودی استفاده خواهدشد. یکی از پارامترهای مهمی که در ارزیابی خواص مکانیکی لوله‌ها و اتصالات مورد بررسی و ارزیابی قرارمی‌گیرد قابلیت تحمل فشار هیدرواستاتیک است. آزمایش فشار هیدرواستاتیک (هیدروتست) یک آزمایش غیر مخرب است که جهت بررسی عملکرد تجهیزاتی از قبیل سیستمهای لولهکشی، سیلندرگاز، بویلرها، مخازن و لوله های تحت فشار جهت بررسی دوام و نشتی آن‌ها انجام‌می‌گردد[۶]. هامبرتو و همکاران [۶] به بررسی رفتار لوله‌های کامپوزیتی تحت فشار هیدرواستاتیکی پرداختند. در این تحقیق لوله‌های کامپوزیتی با استفاده از تقویت‌کننده الیاف کربن و رزین اپوکسی و به روش رشته‌پیچی تولیدگردید. سه نمونه لوله کامپوزیتی با ۱۰، ۱۸ ۲۶ لایه پیچش الیاف و زوایای ۹۰و ۵۵ درجه در این تحقیق تولیدگردید. پس از تولید نمونهها آزمایش فشار هیدرواستاتیکی انجامگردید. در این تحقیق بیانگردید که لولههای کامپوزیتی با نسبت قطر به ضخامت کمتر از ۱:۲۰ تحت فشار هیدرواستاتیکی دچار شکستمیشوند. رفیعی و همکاران [۷] شکست لولههای کامپوزیتی را تحت فشار داخلی هیدرواستاتیکی بررسیکردند. تحلیل شکست و تست هیدرواستاتیک با دو روش تجربی و تئوری انجام و با یکدیگر مقایسهگردید. آنها در این تحقیق برای محاسبه میزان تنش موجود در اتصال و اندازهگیری شکست از مدل پیشرفت شکست استفادهکردند. قطره‌نبی و همکاران[۱] اقدام به تولید اتصال سه‌راهی کامپوزیتی با استفاده از پیش‌شکل‌های حلقوی‌پودی کردند. برای تولید پیش‌شکل سه‌راهی از ماشین تخت‌باف اشتول استفاده‌گردید. برایک و همکاران[۸] به بررسی رفتار فشار هیدرواستاتیک لوله‌های کامپوزیتی تقویت‌شده با الیاف شیشه پرداختند. آن‌ها در این تحقیق از لوله‌های کامپوزیتی تولیدشده با استفاده از الیاف شیشه و رزین وینیل استر و به روش رشته‌پیچی استفاده‌کردند. طادی بنی و همکاران[۹] اقدام به بررسی خواص مکانیکی فشاری کامپوزیت‌های تقویت‌شده با منسوجات بریدی و منسوجات تولیدشده به روش رشته‌پیچی نمودند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که لوله‌های کامپوزیتی که با تعداد لایه‌های تقویت‌کننده یکسان و درصد حجمی متفاوت نسبت به نمونه‌های رشته پیچی‌شده تولیدشده‌اند، بیشترین شکست و انرژی شکست فشاری را دارند. در تحقیق حاضر، سعی بر آن شده به منظور تولید زانویی کامپوزیتی، ابتدا پیش‌شکل‌های به فرم زانویی به کمک ماشین تخت‌باف الکترونیک تولیدگردد [۱۰]. پیش‌شکل‌های تولیدشده به عنوان جزء تقویت‌کننده زانویی کامپوزیتی مورد استفاده قرارگرفت تا به روش قالبگیری بادکنکی به‌زانویی کامپوزیتی تبدیل‌شوند[۱۱].زانویی‌های تولیدشده تحت‌آزمایش فشار هیدرواستاتیک قرارگرفتند و نتایج آن با زانویی تولیدشده به روش دستی‌مقایسه‌گردید.

۲- تجربیات

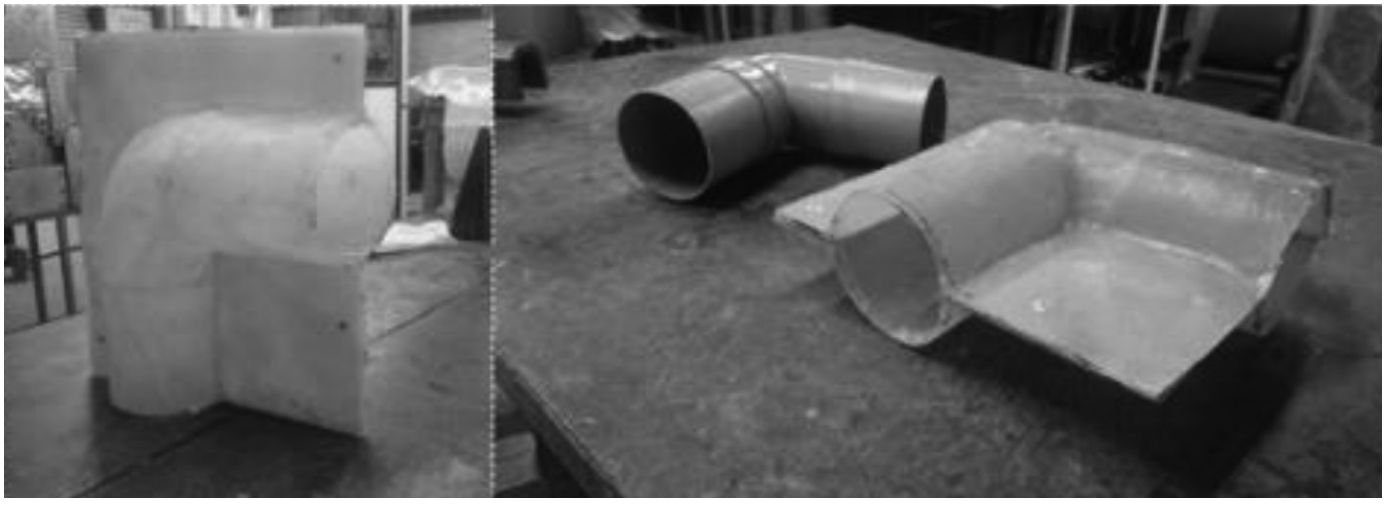
برای تولید پیش‌شکل اتصال زانویی از ماشین تخت‌باف الکترونیکی اشتول (Stoll) مدل CMS 330 TC استفاده‌گردید. جهت تولید پیش‌شکل زانویی با استفاده از ماشین تخت‌باف از بافت کیسه‌ای استفاده‌گردید، به طوری که در هر دو صفحه جلو و پشت و به طور مشابه در یکی از دو سمت ماشین تعداد حلقه‌های کمتری بافته‌شود که منجر به خم‌شدن لوله به آن سمت و ایجاد ساختار زانویی می‌گردد. زانویی ایجادشده با این روش به یکی از دو سمت چپ یا راست و یا هر دو سمت چپ و راست تمایل خواهدداشت. تعدادحلقه در ۲۰ سانتیمتر برابر ۱۲۰ حلقه در عرض و در طول برابر ۸۰ حلقه بوده و براساس این مقادیر، مقادیر CPC و WPC به ترتیب برابر با ۶ و ۴ محاسبه‌گردید. این مقادیر به عنوان مقادیر CPC و WPC و طول حلقه ۱۱برای انجام محاسبات نمونهها استفاده‌گردید. از نخ شیشه با نمره ۲۰۶ تکس استفاده‌گردید. با تنظیم طول حلقه بر روی ۱۱ و به‌کاربردن نخ به صورت دولا در نهایت شکل مناسب برای پیش‌شکل زانویی به‌دست‌آمد. در شکل ۱ تصویری از این پیش‌شکل نشان‌داده‌شده‌است.

شکل ۱- نمونه‌ی پیش‌شکل بافته‌شده با نخ شیشه

جهت تولید کامپوزیت نیاز به یک قالب به شکل زانویی بود. به منظور تهیه‌ی این قالب از زانویی‌های ۹۰ درجه از جنس پولیکا و قطر ۱۱ سانتیمتر استفاده‌گردید. ابتدا برای تهیه‌ی قالب زانویی کامپوزیتی از یک قالب فلزی به صورت مکعب مستطیل استفاده‌گردید. سطح درونی مکعب فلزی که درون آن زانویی پولیکا قرارگرفته‌بود تا نیمه با استفاده از ترکیب آب و گچ پوشانده‌شد. پس از اینکه زمینه قالب با استفاده از گچ ساختمان تولیدگردید، زانویی پولیکا برروی آن قرارداده‌شد و بر روی آن یک لایه واکس زده‌شد. به منظور تولید قالب، از ترکیب ۶ لایه مختلف الیاف شیشه به صورت ۲ لایه الیاف تیشو، ۲ لایه نمد و۲ لایه هم پارچه شیشه تاری‌پودی و ترکیب آن با رزین پلی‌استر برروی زمینه گچی برای تولید نیمه اول قالب زانویی استفاده‌گردید. ابتدا یک لایه الیاف شیشه تیشو روی زمینه گچی و زانویی پولیکا قرارداده‌شد. روی آن با استفاده عمل لایه‌گذاری دستی و قلم‌مو رزین پلی‌استر زده‌شد. به همین ترتیب برای سایر لایه‌ها عملیات رزین‌زنی و لایه‌گذاری دستی تکرارگردید. پس از آن نمونه رزین‌خورده به مدت ۲۴ ساعت در شرایط محیط و ۲ ساعت هم درون آون قرارداده‌شد تا عملیات پخت و تثبیت ابعادی آن صورت‌گیرد. نیمه دوم قالب نیز طبق مراحل اشاره‌شده تولیدگردید. در شکل‌های۲ و ۳ به ترتیب تصویری از عملیات رزین‌زنی دستی و قالب مورداستفاده و نمای کاملی از قالب مشاهده‌می‌گردد. روش مورد استفاده جهت تولید کامپوزیت اتصال زانویی روش بلادرمولدینگ (قالبگیری بادکنکی) است. پس از تولید قالب، عملیات رزین‌زنی پیش‌شکل‌ها انجام‌گردید. پس از آغشته‌نمودن پیش‌شکل به رزین می‌بایست یک عدد بادکنک درون پیش‌شکل‌ها قراربگیرد و درون قالب متورم‌گردد. بدین منظور از تیوب لاستیکی مورد



شکل ۲- عملیات رزین‌زنی دستی برای ساخت نیمه دوم قالب زانویی کاپوزیتی



شکل ۳- قالب کامپوزیتی جهت تهیه اتصال زانویی کامپوزیتی

شکل۴- تجهیزات به کارگرفته‌شده جهت تهیه کامپوزیت (متصل‌شده به منبع فشار)

شکل۶- زانویی کامپوزیتی تولیدشده با استفاده از پیش‌شکل غیریکپارچه

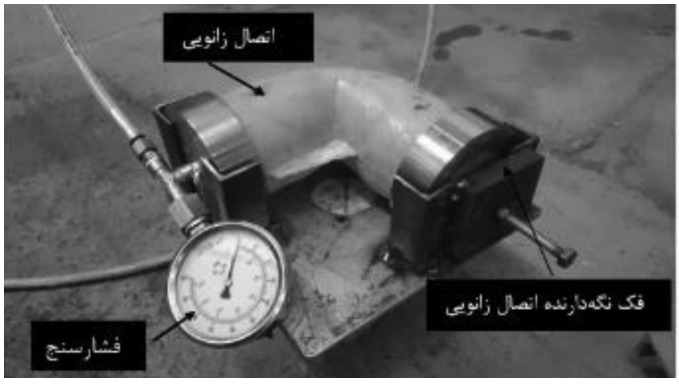
استفاده برای موتورسیکلت استفاده گردید تا قابلیت تحمل فشار بین ۲-۶ بار را داشته باشد. تعداد سه لایه پیش‌شکل که برروی یکدیگر قرارگرفته بود رزین‌زنی گردید و بلادر درون آن قرارگرفت. پیش‌شکل‌ها و بلادر درون نیمه اول قالب قرارگرفت و نیمه دوم قالب برروی آن قراردادهشد .پس از آماده‌نمودن تجهیزات لازم و قراردادن بلادر درون قالب، به انتهای بلادر که یک شیر جهت تزریق فشار وجوددارد فشار هوا اعمال گردید تا پیش‌شکل درون قالب متورم‌گردد و شکل زانویی را به خود بگیرد. در شکل ۴ تجهیزات به‌کارگرفته‌شده جهت تولید زانویی کامپوزیتی و در شکل ۵ نمونه‌ی تولیدشده با استفاده از روش بلادرمولدینگ مشاهده‌می گردد. برای ساخت کامپوزیت غیریکپارچه از بافت تک‌لایه یکروسیلندر حلقوی‌پودی استفاده‌گردید. با استفاده از قالب زانویی پولیکا و گچ، یک قالب گچی به شکل زانو تولیدشد. مراحل کار به اینصورت بود که یک لایه نازک گچ به صورت دستی داخل قالب زانویی پولیکا زده‌شد تا گچ کاملاً شکل قالب را به خود بگیرد. پس از خشک شدن گچ، قالب گچی از داخل زانویی پولیکا خارج‌شد. دو ساعت پس از تولید قالب گچی و هنگامی که کاملاً خشک‌شد به منظور جلوگیری از جذب رزین توسط گچ، روی آن با موادکمکی از پایه‌ی رزین به نام کیلر و همچنین ترکیب آن با تینر فوری پوشانده‌شد. جهت تولید کامپوزیت زانویی، ابتدا پارچه رزین‌زنی گردید و سپس به صورت سه لایه برروی قالب گچی قرارگرفت. نمونه در شرایط محیط و سپس در آون قرارگرفت تا عملیات پخت آن انجام‌گردد. در شکل ۶ نمایی از زانویی تولیدشده با استفاده از پیش‌شکل غیریکپارچه مشاهده‌می گردد.

انجام آزمایش فشار هیدرواستاتیک

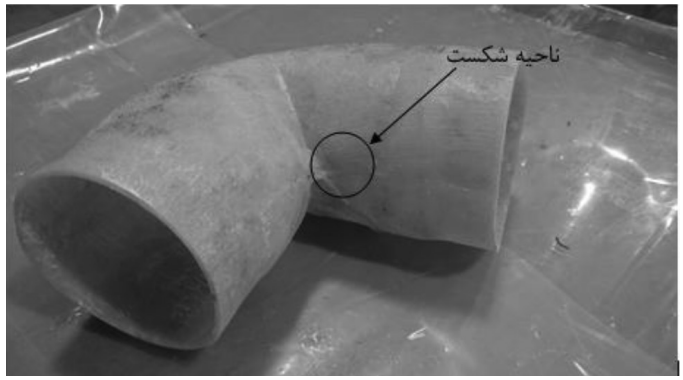
تجهیزات به‌کارگرفته‌شده جهت آزمایش فشار هیدرواستاتیک شامل بارومتر، منبع سیال، پمپ آب، فلنج فولادی جهت مسدودنمودن انتهای لوله، محفظه محافظ و ... است. نحوه ساخت فلنج یا درپوش ابتدا و انتهای اتصال زانویی به این صورت بود که از دو استوانه فولادی به ارتفاع ۳ سانتیمتر و قطر خارجی ۱۳ سانتیمتر جهت ساخت این درپوش‌ها استفاده‌گردید. جهت اتصال و چسبندگی درپوش‌های فولادی به اتصال زانویی از رزین اپوکسی استفاده‌گردید. نحوه مسدودنمودن دو سر اتصال زانویی به این‌صورت است که اتصال زانویی با قطرخارجی ۸، ۱۰سانتیمتر درون فلنج فولادی قرارگرفت و اطراف آن با رزین اپوکسی به طورکامل پرگردید. با استفاده از عملیات جوشکاری تعدادی نبشی فولادی به یک صفحه فولادی متصل‌گردید و به منظور تحت‌کنترل‌قرارگرفتن اتصال زانویی و ثابت‌نگه‌داشتن آن هنگام انجام آزمایش فشار هیدرواستاتیک، مورداستفاده قرارگرفت. زانویی یکپارچه به پمپ آب متصل‌شد و به طور کامل پرگردید. پس از آن مقدار فشار به تدریج از ۱بار افزایش‌یافت تا نمونه‌ها به فشار شکست برسند.

شکست لوله در نمونه یکپارچه به شکل ترک در ناحیه درونی انحنای اتصال اتفاق‌افتاد. تمامی مراحل اشاره‌شده جهت انجام آزمایش فشار هیدرواستاتیک با نمونه غیریکپارچه نیز تکرارگردید. نتایج آزمایش فشار نشان‌داد که زانویی کامپوزیتی یکپارچه در فشار ۱۲،۵ بار و نمونه غیریکپارچه در فشار ۹،۵ بار دچار شکست می‌گردند. در شکل ۷تصویری از روش انجام آزمایش آورده‌شده‌است.

شکل ۵- زانویی کامپوزیتی تولیدشده با استفاده از پیش شکل شیشه و روش بلادرمولدینگ



شکل ۷- آزمایش فشار هیدرواستاتیک نمونه کامپوزیتی یکپارچه



شکل ۸- اتصال زانویی کامپوزیتی بعد از شکست

در شکل ۸ تصویری از اتصال زانویی کامپوزیتی پس از شکست مشاهده می‌گردد. همچنین در شکل ۹ نمایی از ناحیه‌ی شکست اتصال زانویی غیریکپارچه آورده شده است.

۳- تحلیل و بررسی رفتار فشار هیدرواستاتیک نمونه‌های کامپوزیتی

به منظور مقایسه رفتار فشار هیدرواستاتیک اتصالات زانویی یکپارچه و غیریکپارچه رفتار فشار هیدرواستاتیک نمونه‌ها بر حسب زمان رسم گردید. در شکل ۱۰ تغییر فشار هیدرواستاتیک اتصالات یکپارچه و غیریکپارچه با گذشت زمان نشان‌داده‌شده‌است. تعداد ۳ نمونه اتصال زانویی کامپوزیتی یکپارچه با این روش تست‌گردید و به ترتیب در فشارهای۵، ۱۰بار، ۱۲بار و ۱۲،۵ بار دچار شکست‌شدند. آزمایش فشار هیدرواستاتیک به ترتیبی که اشاره‌گردید با تعداد ۳ نمونه اتصال زانویی غیریکپارچه نیز انجام‌شد و مشاهده‌گردید که این نمونه‌ها به ترتیب در فشارهای ۵ بار، ۷بار و ۹،۵ بار دچار شکست‌می‌گردند. جدول ۱ مقادیر فشار ترکیدگی برای نمونه‌ها بر حسب bar را نشان‌می‌دهد.

همانطور که از نمودار تغییر فشار با گذشت زمان مشخص است، در نمونه یکپارچه مشاهده‌می‌گردد که افزایش فشار نمونه با گذشت زمان تقریباً حالت خطی دارد و پس از گذشت ۳ دقیقه یا ۱۸۰ ثانیه از شروع روند افزایشی فشار، فشار نمونه به بیشترین مقدار قابل تحمل یعنی ۱۲،۵

شکل ۹- نمونه کامپوزیت غیریکپارچه پس از شکست

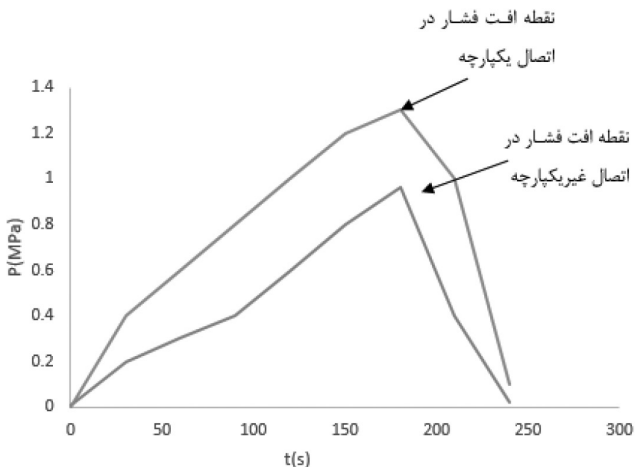
جدول ۱- فشار ترکیدگی نمونه اتصالات زانویی کامپوزیتی بر حسب bar

	اتصالات یکپارچه	اتصالات غیریکپارچه
نمونه شماره ۱	۱۰	۵
نمونه شماره ۲	۱۲	۷
نمونه شماره ۳	۱۲،۵	۹،۵

بارکه معادل ۱،۲۶۶مگاپاسکال است، می‌رسد و پس از آن نمونه دچار شکست‌می‌گردد و فشار افت پیدامی‌کند. در حالی که برای نمونه‌ی غیریکپارچه شکست در فشار ۰،۹۶۲مگاپاسکال اتفاق‌می‌افتد. اتصال زانویی یکپارچه همانطور که اشاره‌گردید با استفاده از پیش‌شکلِ یکپارچه حلقوی‌پودی به شکل زانویی تولیدشده‌است و این اتصال کاملاً یکپارچه است . اما نمونه‌ی غیریکپارچه با استفاده از پارچه تک‌لایه حلقوی‌پودی و به صورت دستی و با استفاده از پیچش لایه‌های پارچه بر روی قالب تولیدشده‌است. شکست در اتصال غیریکپارچه دقیقاً در نقاطی اتفاق‌افتاد که حد واصل پیچش لایه‌های پارچه بر روی یکدیگر بود. در واقع این نقاط، نقاط تمرکز تنش هستند که شکست در این نقاط اتفاق‌می‌افتد در حالی که در اتصال یکپارچه، با توجه به یکپارچه بودن لایه‌های تولیدشده با استفاده از پیش‌شکل در تولید کامپوزیت اتصال زانویی، تمرکز تنش ناشی از عدم یکپارچگی در هرلایه حذف‌می‌شود و ناحیه خم اتصال که بیشترین تنش در آن ایجادمی‌شود، دارای کمترین نایکنواختی است. در نمونه اتصال غیریکپارچه شکست در ناحیه‌ی بیرونی انحنا اتفاق‌افتاد. اما در نمونه‌ی یکپارچه شکست در ناحیه‌ی درونی انحنا مشاهده گردید.

۴- بررسی عوامل تأثیرگذار بر طراحی و تولید پیش‌شکل‌های سه‌بعدی

در طراحی و تولید پیش شکل‌های سه بعدی عوامل متعددی نقش دارند. از جمله این موارد می‌توان به طرح بافت، کشش پارچه طول حلقه، نوع نخ



شکل ۱۰- مقایسه نمودار تغییر فشار اتصالات زانویی یکپارچه و غیریکپارچه با گذشت زمان

مورداستفاده، سرعت روکش، کشش نخ، ماشین تخت باف مورداستفاده و... اشاره‌نمود. در ادامه به نتایج حاصل از این بررسی پرداخته‌می‌شود.
طرح بافت پیش شکل خود متأثر از عواملی مانند قسمت های مختلف موجود در پیش‌شکل، ابعاد پیش‌شکل، مقادیر CPC و WPC می‌باشد. برای به دست آوردن پیش‌شکل اتصال زانویی ابتدا قسمت‌های مختلف موجود در بافت بررسی شدند. نکته‌ای که در حین انتخاب راستای بافت باید مدنظر قرارگیرد، به حداقل‌رساندن پیچیدگی بافت است. پیش‌شکل زانویی در سیستم بافندگی حلقوی‌پودی توسط بافت کیسه‌ای قابل تولید است. به همین جهت اساس طرح بافت را بافت کیسه‌ای دوسر باز تشکیل می‌دهد. نکته‌ی دیگری که در ایجاد طرح بافت مهم است، ابعاد پیش‌شکل نهایی و مقادیر CPC و WPC می‌باشد. این دو عامل تعیین‌کننده تعداد سوزن‌ها و تعداد رج‌هایی هستند که در هر ناحیه از بافت باید بافته‌شوند. یکی از نتایجی که به‌دست‌آمد تأثیر بسیار زیاد کشش پارچه بر کیفیت نمونه‌ها بود. مشکل عدم انتقال حلقه در قسمت کورکردن حلقه‌ها با اعمال کشش دقیق و متناسب بر روی حلقه‌ها حل شد.کشش پارچه میزان کنترل برروی حلقه‌های موجود برروی سوزن‌ها را معین می‌کند. از این رو می‌توان کشش پارچه را مهم‌ترین عامل در تولید پیش‌شکل‌های سه‌بعدی دانست. طول حلقه بر شکل ظاهری و خواص مکانیکی پیش شکل تأثیر چشمگیری دارد. هرچه طول حلقه بزرگتر باشد، پیش‌شکلی شل‌تر با خواص مکانیکی ضعیف‌تری به دست می آید. از طرف دیگر طول حلقه بر ابعاد پیش شکل با تاثیر گذاری بر CPC و WPC تاثیر می‌گذارد و حتی باعث تغییر خاصیت کششی پارچه می شود. در تولید نمونه‌ها دو مشکل عمده بافت، واردعمل‌کردن سوزن‌ها و کورکردن حلقه‌ها است. جهت رفع این مشکل‌ها طول حلقه نیز تأثیر مستقیمی بر آنها داشت. در ناحیه‌ی واردعمل‌کردن سوزن‌ها طول حلقه حداقل در رج‌های ابتدایی، ظاهری مطلوب به پیش‌شکل داده و خواص مکانیکی آن را بهتر کرده است. نخی که برای بافت پیش‌شکل مورداستفاده قرار می‌گیرد، تأثیر بسیار زیادی برروی خواص مکانیکی پیش‌شکل دارد. علاوه براین با تغییر نوع نخ، احتمال تغییر CPC و WPC، خاصیت کششی و استحکام مکانیکی پارچه وجوددارد. سرعت روکش عاملی است که عمدتاً بر سرعت تولید بافت تأثیر می‌گذارد. در تولید پیش‌شکل زانویی سرعت روکش عمدتا پایین تر از۰/۵ گذاشته شد. چرا که سرعت بالاتر منجر به افزایش احتمال نخ پارگی و صدمه دیدن سوزن‌ها می‌شد. یکی از علل پایین نگه داشتن سرعت این بود تا امکان مشاهده بافت در حین فرآیند تولید فراهم آید تا بروز مشکلات احتمالی مشاهده شود. سرعت روکش می تواند بر سرعت بافت تأثیرچشم‌گیری داشته باشد. چون پیش‌شکل‌های سه بعدی نمونه‌هایی پیچیده هستند، معمولا تولید آنها زمان زیادی می‌گیرد. پیش‌شکل زانویی به طور معمول ۶۰-۴۰ دقیقه زمان نیازدارد. کشش نخ در حین عملیات بافندگی الزامی است.چرا که اگر کشش کمی به نخ وارد شود، از کنترل خارج شده و حلقه‌ها به درستی بافته نمی‌شوند و اگر کششی بیش از حد به نخ وارد شود باعث پارگی آن می‌گردد.در ناحیه‌ی واردعمل کردن سوزن ها با استفاده از نخ پلی‌استر، کشش نخ قادر به کنترل حلقه‌ها نبود و حاشیه‌ی مطلوبی برای پیش‌شکل به دست نمی‌آمد.این امر بیانگر قدرت محدود کشش نخ برروی کنترل حلقه‌ها می‌باشد که به جنس نخ بستگی دارد. بنابراین برای حل مشکلات به وجودآمده در کششی که حلقه‌ها در بافت اصلی به خوبی تشکیل می‌شوند، احتمال کمتری وجوددارد که کشش نخ جز عواملی باشدکه می‌تواند باعث رفع مشکل گردد. ماشینی که برای تولید پیش‌شکل مورداستفاده قرار می‌گیرد، نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. چرا که متناسب با مشخصات ماشین و قابلیت بافت‌ها و طرح ریزی برروی آن، می‌تواند بر محدودیت‌های ابعادی نمونه و تنوع روش‌های مورد استفاده برای ایجاد یک هندسه‌ی سه بعدی در طرح بافت تأثیرگذارباشد. درکل می‌توان بیان کرد که طرح بافت، کشش پارچه، طول حلقه و نوع نخ مورداستفاده از جمله مهم‌ترین عواملی هستندکه بر تولید پیش‌شکل اتصال زانویی در ماشین تخت باف الکترونیکی اشتول (Stoll) مدل CMS 330 TC تأثیرگذارند.

۵-نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، به منظور مقایسه بررسی خواص مکانیکی اتصال زانویی کامپوزیت تقویت‌شده با پیش‌شکل‌های حلقوی‌پودی اقدام به تولید اتصالات کامپوزیتی گردید. پس از تولید، نمونه‌های یکپارچه و غیریکپارچه تحت آزمایش فشار هیدرواستاتیک قرارگرفتند. نتایج حاصل از آزمایش فشار نشان‌داد که نمونه اتصال زانویی یکپارچه نسبت به غیریکپارچه قابلیت تحمل بیشتری دارد و در فشار بالاتری دچار شکست‌می‌گردد. فشار شکست نمونه یکپارچه ۱،۲۶۶مگاپاسکال است و نمونه غیریکپارچه تا فشار ۰،۹۶ مگاپاسکال دچار شکست‌نمی‌گردد و قابلیت تحمل فشار هیدرواستاتیک در نمونه یکپارچه به میزان ۲۴٪ نسبت به غیریکپارچه افزایش می‌یابد. شکست در زانویی یکپارچه در ناحیه‌ی درونی انحنای آن اتفاق افتاد، درحالی که در اتصال غیریکپارچه شکست نمونه در ناحیه‌ی بیرونی انحنای آن اتفاق‌می‌افتد. همچنین در این تحقیق تأثیر عوامل مختلف برروی فرآیند طراحی و تولید پیش‌شکل‌های سه‌بعدی مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد که طرح بافت، کشش پارچه، طول حلقه و نوع نخ مورداستفاده از جمله مهم‌ترین عواملی هستندکه بر تولید پیش‌شکل اتصال زانویی در ماشین تخت‌باف الکترونیکی اشتول (Stoll) مدل CMS 330 TC تأثیرگذارند

۶- مراجع

۱. قطره نبی م، تولید پیش‌شکل‌های حلقوی پودی جهت استفاده در اتصالات لوله‌ای پیوسته، پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی، ۱۳۹۵.

۲. فرخنده نیاح؛ نوقابی ه، بررسی تأثیر پیش‌شکل‌ها در اتصالات لوله‌های کامپوزیتی، پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی، ۱۳۹۲.

۳. رفیعی ز؛ شریف‌دلجویی ا، طراحی دوبعدی جهت ساختارسه بعدی حلقوی‌پودی، .پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی، ۱۳۹۴.

4. Pencius.M, Blag. M, Ciobanu. R; Principle of Creating 3D Effects on Knitted Fabrics Developed on Electronic Flat Knitting Machines, ISKA 2010.
5. White.F.M;,Fluid Mechanic, 7th Edition, Mc Graw Hill, 2010.
6. Humberto. S, Almedia. J, Marcelo Ribeiro. L, Amico Sandro.C, Damage and failure in carbon/ epoxy filament wound composite tubes under external pressure: Experimental and numerical approaches, Journal of Materials and Design, 2016.
7. Rafieea. R, Torabia. M, Malek.S, investigating structural failure of a filament-wound composite tube subjected to internal pressure: Experimental and theoretical evaluation", Journal of Polymer Testing 322-330. 2018.
8. Braiek. S, Ben Kalifa. A, Zitone.R,Zidi.M , Experimental and Numerical Investigation of Adhesively bonded Filament Wound Tubular Specimens under Internal Pressure, Journal of Engineering Fracture Mechanics, P 461-475, 2018.

۹. طادی بنی ز، صفرجوهری م، صالح احمدی م.اســـتحکام فشاری کامپوزیت های لوله ای قیطانی و رشته پیچی شده. مجله علوم و فناوری نساجی، سال سوم، شماره یک، بهار ۱۲۹۲.

۱۰. زینیونـــد مجرد م، تهیه‌ی پیش‌شـــکل‌های حلقوی پودی جهت تهیـــه‌ی اتصال زانویی کامپوزیتی، پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی، ۱۳۹۶.

11. Schillfahrt. C, Fauster. E, Schledjewski.R; Forming of Complex-Shaped Composite Tubes using Optimized Bladder-Assisted Resin Transfer Molding, AIP Conference Proceedings 1960.

Journal of Apparel and Textile Science and Technology

Vol. 9, No.3,
Autumn 2020, Quarterly
Issue No. 35, 5-16
ISSN: 2151-7162

Comparison The Behavior of Monolithic and Non-monolithic Textile Reinforced Composite elbows under Hydrostatic Pressure

Maryam Zeynivand Mojarrad[1], Hadi Dabiryan[1], Amir Masoud Rezadoust[2], Houshang Nosraty[1]

1. Department of Textile Engineering,University of Amirkabir,Iran,Tehran.,
2. Iran Polymer and Petrochemical Institute, Tehran, Iran.

Abstract

Nowadays, polymer composites are extensively used in various due to enhanced mechanical properties. Composite pipes and fittings are used in industries such as oil, gas, and petrochemicals. Pipes and composite joints which are reinforced by textile materials can be a suitable replacement for steel and polyethylene pipes. The joints are commonly used to change the direction, change the diameter, or split up a pipe. In this study, a Stoll Flat knitting machine was used to produce the scaffold for an elbow joint. The composite joints were produced by the Bladder molding technique and manually (hand-layup technique). After producing the composite specimens, they were tested under hydrostatic pressure. The maximum failure pressure of 1.266 MPa and 0.96 MPa was recorded for the monolithic and non-monolithic composite elbow joints, respectively. Thus, the monolithic elbow composite can tolerate 24% more pressure.

Keywords

Composite joints,
monolithic preform,
weft knitting,
bladder molding,
hydrostatic pressure

(*) Address Correspondence to M. Zeynivand Mojarrad, E-mail: zeinivand9@gmail.com