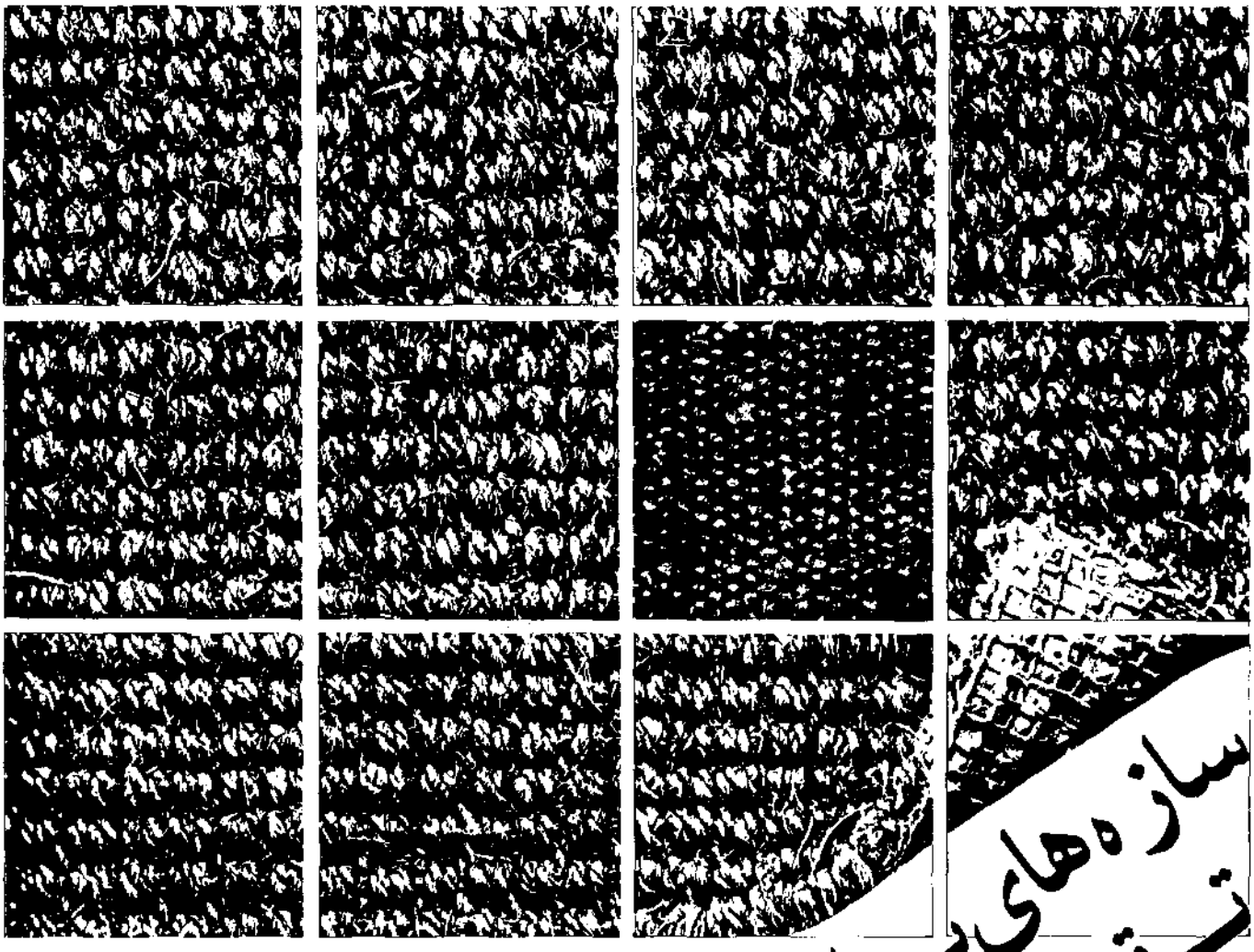


سازه‌های پلی استر تقویت شده با کنف

تحقیق: دکتر محمدعلی سمسارزاده

مهندس حمید میرزاده

مهندس عبدالرضا لطفعلی

واژه‌های کلیدی:

پلی استر تقویت شده، کنف، اثر اعمال بار، اثر پر کننده، بهبود خواص مکانیکی

چکیده

لوله‌ها و سازه‌های قطور از رزین پلی استر تقویت شده با الیاف کنف تولید می‌شوند. برای این منظور از دستگاه رشته پیچی استفاده می‌شود که برای کشیدن پارچه کنف روی قالب دوار طراحی شده است که در پایان قالب مذکور از سازه جدا می‌گردد. تأثیر فشردگی، پرکننده‌ها و پلی (وینیل استات) بر پارچه تقویت کننده و نتیجه این اثرات بر خواص مکانیکی نهایی کامپوزیت مورد ارزیابی قرار گرفته است. همچنین تأثیر بار در حین پخت پلی استر و اثرات ناشی از آن بر استحکام سازه مذکور گزارش شده است. این نتایج می‌تواند در تولید سازه‌هایی قطور با خواص مکانیکی بهبود یافته مورد استفاده قرار گیرد

Key Words:

Reinforced Polyester, Jute, The Effect of Load, The Effect of Filler, Improved Mechanical Properties

از الیاف سخت مانند کنف برای تقویت رزینهای پلی استر استفاده میشود. دانسیته و قیمت کم این الیاف از جمله عواملی است که آنها را به تقویت کننده‌های جایگزین شونده مؤثرتری تبدیل کرده است. به عقیده فیلیپس (Philips) [۱]، مزایای اقتصادی تقویت پلی استر اشباع نشده با پارچه کنف، آشکارا بر سایر روشهای تقویت بستر رزین برتری دارد. طبق نظر وینفیلد (Winfield) [۲]، این گونه تقویت کننده به عنوان ماده ساختاری بالقوه، مورد توجه کشورهای در حال توسعه، که در آن کشورها نیاز زیادی به لوله‌ها و سازه‌های دیگر وجود دارد، قرار گرفته است.

اخیراً توسط بیلمرز و همکارانش (Billmaresetal) [۳]، کار مشابهی روی الیاف نخل و سیسال (Sisal) به عنوان تقویت کننده‌های رزین پلی استر انجام شده است.

ما در این تحقیقات به طور همزمان پارامترهای مختلف مؤثر بر خواص مکانیکی رزین پلی استر تقویت شده با پارچه کنف را مورد بررسی قرار دادیم. هدف تحقیقات، بهینه‌سازی خواص و فرآیند رزین تقویت شده در حدی است که به راحتی در کشورهای در حال توسعه که در آنها پارچه‌های کنفی و پرکننده‌های ارزان قیمت و فراوان در دسترس هستند، قابل استفاده باشد. در این مقاله، اثر عملیات مقدماتی روی پارچه کنف و اعمال بار در طول پخت رزین در تولید لوله‌های قطور گزارش می‌شود.

پخت

رزین پلی استر تجارتی با مصارف عمومی: رزین پلی استر تولیدی شرکت ایران کتون که مورد استفاده قرار گرفت، یک رزین پلی استر اشباع نشده، حاوی ۳۰ درصد مونومر استیرن بود. ویژگیهای بحرانی رزین با مقادیر متفاوتی از کاتالیزور متیل اتیل کتون پراکسید (MEKP) و شتابدهنده کبالت نفتنات (Cobalt Naphthenate) طبق روش SPI [۴]، مورد آزمایش دقیق قرار گرفتند.

جدول ۱ زمان ژله‌ای شدن و پخت را به همراه حداکثر دمای گرمادهی رزین نشان می‌دهد که با استفاده از منحنیهای درجه حرارت ــ گرمازایی / فعالیت (Reactivity/ExothermicTemperature) اندازه‌گیری شده است.

جدول ۱ ــ اثر کاتالیزور و شتابدهنده بر زمان ژله‌ای شدن و پخت رزین پلی استر اشباع نشده

۱	۱	۱۸۰	۳۹۶	۱۹۳
۲	۰/۵	۱۳۰	۲۵۰	۱۸۹
۲	۱	۱۵۶	۲۸۸	۱۹۵
۳	۱	۱۲۰	۳۷۶	۱۹۳

نمونه‌های پارچه کنف مورد استفاده، از انواع تجارتی قابل دسترس بود. رزین پلی استر با یک درصد شتابدهنده کبالت نفتنات (CobaltNaphthenate) و دو درصد کاتالیزورMEKP تحت بار ثابت معینی پخت شد. سازه مورد آزمایش شامل لایه‌هایی از پارچه کنف به ابعاد ۱۵ × ۱۵ سانتی‌متر مربع بود. پارچه کنفی به طور یکنواختی در بستری از رزین قرار داده شد. حبابهای هوا توسط غلطک زدوده شدند. سلوفان (Cellophane) به عنوان جداکننده مورد استفاده قرار گرفت و این سازه به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق پخت گردید.

عملیات مقدماتی روی پارچه کنفی عبارت بود از غوطه‌وری پارچه مذکور در محلول ۲۵ درصد پلی (وینیل استات) (Poly Vinyl Acetate) تجاری رقیق شده با آب و سپس پارچه خشک شد تا وقتیکه به وزن ثابتی برسد.نمونه‌هایی طبق استانداردهای ASTMD638, ASTMD790-71, DIN 53435 جهت آزمایش آماده گردید. آزمایشهای اندازه‌گیری مقاومت کششی، پیچشی و ضربه‌پذیری انجام گرفت و مقدار متوسط حداقل با سه بار آزمایش، تکرار شده است.

نتایج و بحث

اثر لایه‌های کنف

خواص ضربه‌پذیری رزین پلی استر تقویت شده با کنف در جدول ۲ نشان داده شده است. در هر سازه به ازای هر صد قسمت رزین، لایه‌های متفاوتی از پارچه کنف مورد استفاده قرار گرفت. خاصیت ضربه‌پذیری رزین تقویت شده به ازای هر لایه، هنگامی که بیش از سه لایه مصرف شد، کاهش یافت. این امر بیشتر به دلیل خیس شدن ناقص پارچه کنف، در نسبتهای بالای کنف به رزین بود.

جدول ۲ ــ اثر تعداد لایه‌های کنف بر انرژی ضربه‌پذیری رزین پلی استر تقویت شده با کنف

۲	۱۷/۵	۱/۱۹
۳	۲۳/۶	۲/۶۸
۴	۳۲/۲	۳/۹۰
۵	۳۵/۰	۴/۶۰

اثر عملیات مقدماتی

طبق نظر بارکاکاتی (Barkakaty) [۵] عمل‌آوری شیمیایی الیاف بلند گیاهی بسته به شرایط و نوع لیف، روی ترکیب شیمیایی و مورفولوژی (Morphology) بلوری آنها اثر دارد. وقتی که مواد کنفی در محلول گرم تتراهیدروفوران (THF) روغن زدایی می‌شوند، ۱/۵ درصد

روغن استخراج می‌گردد و پارچه کنفی خشک شده خاصیت تقویت کنندگی خود را در مقابل ضربه‌پذیری در سازه رزین لایه‌ای، از دست می‌دهد. عمل‌آوری پارچه کنف با یک درصد آکریلیک اسید (Acrylic Acid) محتوی کاتالیزور H_2SO_4 در دمای ۳۰°C و به مدت ۶ ساعت، خاصیت تقویت کنندگی پارچه کنف در رزین را از بین می‌برد. در مقابل هنگامی که مواد با پلی (وینیل استات) بر الیاف کنف پاشیده شود، بهبود قابل ملاحظه‌ای در خواص مکانیکی رزین تقویت شده، مشاهده خواهد شد. علاوه بر چنین عمل‌آوری، فرآیندهای فیزیکی مانند فشردن و اعمال بار، قبل یا در حین پخت رزین به طور قابل ملاحظه‌ای موجب بهبود خواص مکانیکی آن گردید. جدول ۳ نتایج بهبود یافته ناشی از عمل‌آوری پلی استر تقویت شده با ۲ و ۵ لایه از پارچه کنف را نشان میدهد. تحت فشار قرار دادن سازه، خاصیت ضربه‌پذیری، عمل‌آوری با پلی (وینیل استات) و خواص کششی و پیچشی کامپوزیت را بهبود می‌بخشد. روشهای تلفیقی، خواص ضربه‌پذیری، کششی و پیچشی این کامپوزیتها را بهینه می‌سازد.

جدول ۳ ــ خواص مکانیکی پارچه کنفی عمل‌آوری شده در رزین پلی استر

تعداد لایه‌های پارچه کنف	انرژی ضربه‌پذیری (Kg. Cm)	استحکام کششی (Kg / Cm²)	مدول پیچشی (Kg/Cm²)
۲A	۱/۸۳	۲۶۷	۲۵۰۹۹
۲B	—	۲۱۲	۳۰۱۹۰
۲C	۱/۷۹	۲۵۲	۲۶۱۱۰
۲B, C	۱/۹۲	۲۷۷	۳۱۳۶۷
۵A	۴/۶۰	۳۱۴	۳۰۲۸۰
۵B	۴/۶۲	۴۰۰	۳۲۸۹۹
۵C	۳/۷۶	۳۴۹	۴۰۹۷۷
۵B,C	۴/۱۲	۴۰۲	۳۹۸۲۶
۳D	۲۱/۵۰	۸۰۸	۴۷۶۳۳

A: پارچه کنفی عمل‌آوری نشده
B: پارچه فشرده شده
C: عمل‌آوری شده با پلی (وینیل استات)
D: نمد الیاف شیشه

اثر پرکننده‌ها

نتایج قابل مقایسه‌ای با افزودن ۲۰ تا ۳۰ درصد پرکننده‌های سیمان پرتلند یا کلسیم کربنات مشاهده شد. استحکام کششی با اضافه کردن سیمان پرتلند و استحکام پیچشی با افزودن پرکننده کلسیم کربنات، بهبود یافتند. اثر پرکننده‌ها بر پلی استر تقویت شده با کنف در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴ ــ خواص مکانیکی پلی استر تقویت شده با کنف به همراه پرکننده

تعداد لایه‌های پارچه کنف	انرژی ضربه‌پذیری (Kg. Cm)	استحکام کششی (Kg/ Cm²)	مدول پیچشی (Kg/Cm²)
۲A	۱/۸۶	۲۴۸	۲۷۸۹۲
۵A	۴/۴۳	۳۶۲	۳۰۰۳۷
۵B	۴/۱۰	۳۴۴	۳۵۱۷۹
۵C	۴/۴۴	۴۰۶	۲۹۵۷۲
۵D	۳/۹۲	۳۸۹	۲۹۳۰۵
۵E	۴/۱۱	۳۶۵	۲۸۲۳۴

A: ۲۰ درصد کلسیم کربنات
B: ۳۰ درصد کلسیم کربنات
C: ۲۰ درصد سیمان پرتلند
D: ۳۰ درصد سیمان پرتلند
E: ۲۰ یا ۵۰ درصد کلسیم کربنات و ۵۰ درصد سیمان پرتلند

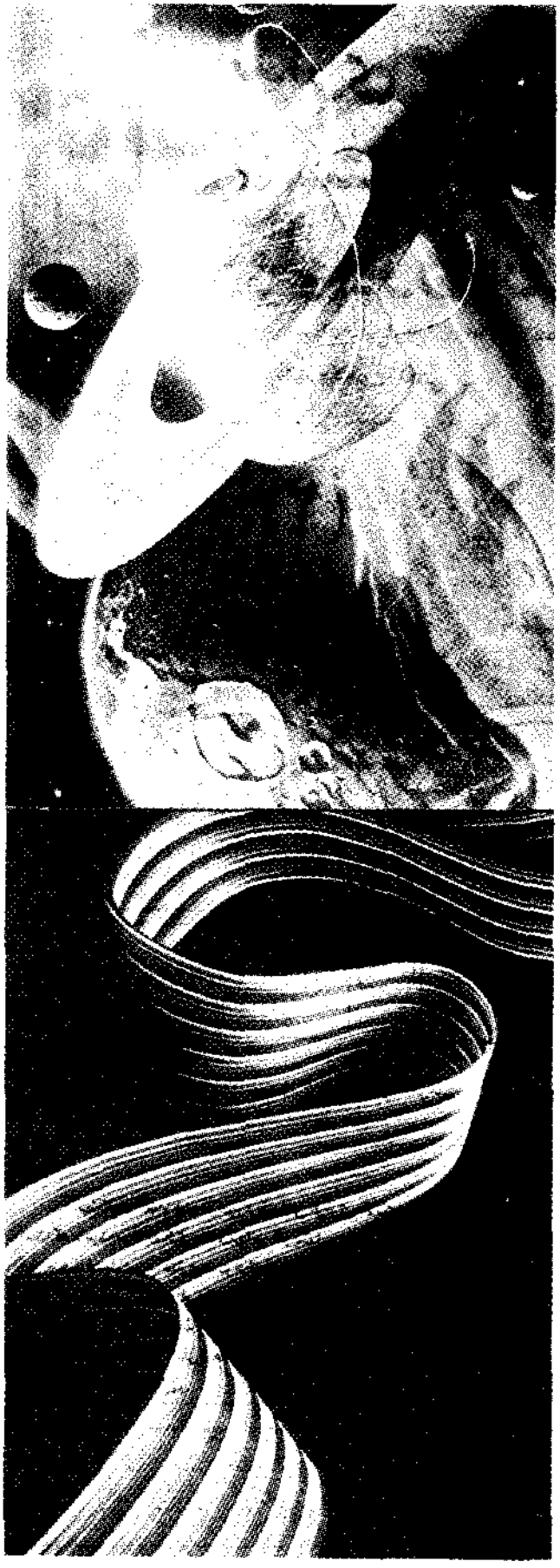
اثر بار

به نظر می‌رسد که تقویت موفقیت‌آمیز رزین پلی استر با پارچه کنف به تماس کامل و قوی در سطح مشترک بین رزین و الیاف بستگی دارد. این تماس در سطح مشترک ناشی از خیس شدن و چسبندگی بین الیاف کنف با رزین است. با وجود این به نظر می‌رسد که این عوامل اکثراً ماهیت فیزیکی دارند، و وقتی چنین تماسهایی با تنظیم مناسب نسبت رزین به کنف، و یا اعمال میزان بار لازم، کامل شد، فضاهای خالی و حبابهای هوا کاهش یافت و در نتیجه میزان استحکام رزین افزایش پیدا کرد. در صورتی که در ساخت سازه مذکور پوشش چسبنده یا بار لازم برای فشرده‌سازی به کار گرفته نشود، سطوح کامپوزیت پرزدار گردیده و در نتیجه بعلت عدم تماس مطلوب رزین با الیاف و همچنین جلوگیری از خروج هوا میزان تقویت رزین کاهش یافته و در نهایت باعث شکست زودرس کامپوزیت می‌گردد. جدول ۵ اثر بار و فشرده‌سازی بر خواص مکانیکی پلی استر تقویت شده با کنف را نشان میدهد.

جدول ۵ ــ اثر اعمال بار بر خواص نهایی پلی استر تقویت شده با کنف

تعداد لایه‌های پارچه کنف	بار (Kg)	انرژی ضربه‌پذیری (Kg. Cm)	استحکام کششی (Kg/Cm²)	مدول پیچشی (Kg/Cm²)
۲	—	۱/۶۲	۲۸۸	۲۲۶۱۷
۲	۶	۱/۸۵	۲۷۳	۲۰۷۱۷
۲	۲۰	۲/۳۰	۴۰۳	۳۷۲۱۳
۵	۳	۴/۶۰	۳۱۴	۳۰۲۸۰
۵	۱۵	۳/۸۳	۳۸۳	۲۴۵۸۰
۵B	—	۴/۸۳	۳۷۹	۳۷۸۴۴
۵B	۱۵	۴/۶۷	۴۰۶	۳۷۰۰۴

B: پارچه فشرده شده.



کاربردها

از این نتایج در تولید لوله‌های قطور به طول ۴۹ سانتی‌متر و ضخامت جدار ۲ ــ ۴ میلی‌متر استفاده شد. چون هدف اصلی تولید لوله‌های و سازه‌های کم هزینه، با استفاده از دستگاه رشته پیچی بود، لذا قالب جدا شونده ساده‌ای طراحی گردید. به طوریکه پارچه کنف روی قالب گردان، پس از عبور از حمام پلی استر، کشیده شد. کشش پارچه نیز با غلطک تغذیه و قالب دوار تنظیم گردید.

سایر سازه‌های بزرگتر با طراحی مشابه نیز تولید شدند. سهولت به کارگیری این روشها و ارزانی مواد، به همراه خواص مکانیکی بهبود یافته در کامپوزیت حاصل، موجب می‌شود که این روشها در مقایسه با تکنولوژی گرانتر پلی استرهای تقویت شده با الیاف شیشه‌ای در وضعیت مطلوبتری قرار گیرند.

توضیح

۱ ــ این مقاله در نشریه Polymer Composites جلد پنجم شماره دوم وابسته به «انجمن مهندسی پلاستیک آمریکا» در آوریل ۱۹۸۴ به چاپ رسیده است.

۲ ــ مرحوم مهندس عبدالرضا لطفعلی در سال ۱۳۶۰ هنگام مراجعت از مأموریت در اثر تصادف دار فانی را وداع گفت. بدینوسیله از خداوند بزرگ برای آن مرحوم آرزوی مغفرت و برای خانواده وی صبر و سلامت آرزومندیم. یادش گرامی باد. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر.

REFERENCES:

[1] A. R. Philips, Eng. Mater. Design, 475, July (1965).
[2] A. G. Winfield, Plastics and Rubber International, 4 (1979).
[3] H. Belmares, A. Barrera, E. Castelio, E. Verheugen, M. Monjaras, G. Patfoort, & M. E. N. Bucquoye, Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev., 20, 551 (1981)
[4] G. Lubin, «Handbook of Fiberglass and Advanced Plastics Composites», Ch. 2, SPE (1969).
[5] B. C. Barkakaty, J. Appl. Polym., Sci., 20, 2921 (1976).