



گزارش مقطع نهایی - دفتر تخصصی پزشکی

عنوان طرح: دست یابی به دانش فنی تولید زخم پوش های
هیدروفایبر

ویرایش : دوم

گروه پژوهشی: بیومواد سرامیکی

واحد سازمانی مجری: سازمان جهاد دانشگاهی استان یزد

مسئول اجرای طرح: مژده عزیزی

ماه و سال گزارش طرح:

فروردین ماه ۱۴۰۰

شناسنامه گزارش

عنوان گزارش: گزارش مقطع نهایی

شماره ویرایش: دوم

عنوان فارسی طرح پژوهشی: دست یابی به دانش فنی تولید زخم پوش های هیدروفایبر

عنوان انگلیسی طرح: Achievement to technical knowledge for production of hydrofiber wound dressings

عنوان نهایی طرح در شبکه برنامه :

کد طرح: -

نام فایل گزارش: گزارش مقطع نهایی طرح هیدروفایبر

ویرایشگر: مژده عزیزی

تاریخ تصویب طرح: ۹۸/۱/۱۵

سطح دسترسی به سند: محرمانه (بدون موافقت کتبی، نسخه برداری یا تکثیر ممنوع است)

ردیف	نام و نام خانوادگی	مسئولیت در طرح	تخصص	رتبه
۱	سید حسین میرحسینی	مدیر پروژه	مهندسی مواد- سرامیک	استادیار
۲	مژده عزیزی	مجری	مهندسی مواد و متالورژی- بیومواد	مربی پژوهش
۳	محمد علی توانایی	همکار اصلی	مهندسی نساجی- مهندسی الیاف	دانشیار
۴	افضل کریمی جهندیزی	همکار	مهندسی شیمی	دانشیار
۵	فاطمه احمد پور	همکار	مهندسی مواد- نانوفناوری	-
۶	مینا علاف زاده	همکار	مهندسی بیومکانیک	استادیار
۷	حسین عجمین	همکار	مهندسی شیمی	استادیار

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فهرست عناوین

عنوان.....	صفحه.....
فصل اول (کلیات طرح).....	۵
۱-۱ مقدمه و ضرورت تحقیق.....	۶
۲-۱ بیان مساله.....	۶
فصل دوم (تجربیات و نتایج).....	۷
۲-۱ شناسایی منبع مناسب برای تهیه الیاف.....	۸
۲-۲ مشخصه یابی و راستی آزمایی الیاف لایوسل تهیه شده.....	۹
۲-۲-۱ تعیین چگالی خطی و طول الیاف و یکنواختی آنها.....	۹
۲-۲-۲ آزمون بررسی رفتار سوختن الیاف.....	۹
۲-۲-۳ آزمون بررسی و مقایسه شکل سطح مقطع عرضی الیاف.....	۱۰
۲-۲-۴ آزمون خواص مکانیکی الیاف.....	۱۲
۲-۳ تولید نمونه بی بافت آزمایشگاهی.....	۱۳
۲-۴ تولید بی بافت های کربوکسیله شده.....	۱۴
۲-۴-۱ مشخصه یابی بی بافت های کربوکسیله شدن.....	۱۴
فصل سوم (نتایج و بحث).....	۱۶
۳-۱ خلاصه نتایج آزمون.....	۱۷
۳-۲ شرح و جزئیات آزمون ها.....	۱۷
۳-۲-۱ اندازه گیری درجه جایگزینی گروه های جانبی.....	۱۷
۳-۲-۲ تست تورم آزاد (Free swell absorbency).....	۱۸
۳-۳-۳ تست احتباس تحت اعمال فشار (Retention under pressure).....	۱۹
۳-۳-۴ تغییرات سطحی (Change in area).....	۲۰
۳-۳-۵ وزن متر مربع (Dressing mass).....	۲۱
فصل چهارم (نتیجه گیری).....	۲۲
۴-۱ نتیجه گیری.....	۲۳

فصل اول

کلیات طرح

۱-۱. مقدمه و ضرورت تحقیق

هدف اصلی استفاده از زخم‌پوش‌ها یا پانسمان‌های تجاری، سرعت بخشیدن به روند و کیفیت ترمیم زخم است. زخم‌پوش‌های هیدروفاایبر، زخم‌پوش‌های نوینی هستند که عمدتاً از ماده کربوکسی متیل سلولز با تکنولوژی ساخت هیدروفاایبر به شکل منسوجات بی بافت تولید می‌شوند و با جذب ترشحات زخم به ژل تبدیل می‌شوند. هدف از ساخت این زخم‌پوش‌ها، ترمیم زخم‌هایی با ترشحات متوسط به بالاست. سازندگان این محصولات تجاری عمدتاً کشورهای آمریکایی و اروپایی بوده و فناوری ساخت آن‌ها به سادگی نمی‌باشد. بنابراین تلاش برای ساخت آن‌ها در داخل کشور از ابتدای زنجیره تولید تا محصول نهایی و بومی‌سازی آن باعث کاهش چشمگیر خروج ارز و رفع نیاز به واردات آن‌ها در شرایط سخت تحریم‌های اقتصادی و دارویی کشور در این برهه حساس تاریخ کشور است.

در طرح پژوهشی و در فاز قبل "دستیابی به دانش فنی تولید زخم‌پوش‌های هیدروفاایبر" تمرکز بر تهیه و بهینه‌سازی منسوج زخم‌پوش مناسب از الیاف سلولزی و اسکوز متمرکز بود تا با همکاری تیم شیمی طرح به بهترین زخم‌پوش هیدروفاایبری نهایی دست‌یافته شود. در پایان آن بخش از طرح، نتایج بسیار خوبی حاصل شد که البته عمده ضعف نمونه سنتز شده در عدم پایداری بافت بعد از تورم و از دست دادن مایع تحت فشار است. به نظر می‌رسد دلیل عمده این نتیجه به علت نوع سلولز (و اسکوز به جای لایوسل) بوده باشد. از سوی دیگر بافت نمونه در همه قسمت‌های نمونه یکسان نیست و در تولید صنعتی این مشخصات و یکنواختی بافت اصلاح می‌شود. لیکن در این طرح، سعی بر آن است که این بار ضمن شناسایی الیاف سلولزی لایوسل از یک منبع معتبر و تهیه آن، منسوجی بی‌بافت با مشخصات فنی لازم و مناسب در این طرح تهیه شود تا امکان مقایسه زخم‌پوش هیدروفاایبر از این الیاف با الیاف و اسکوز میسر گردد.

۱-۲. بیان مسئله (بخش اول)

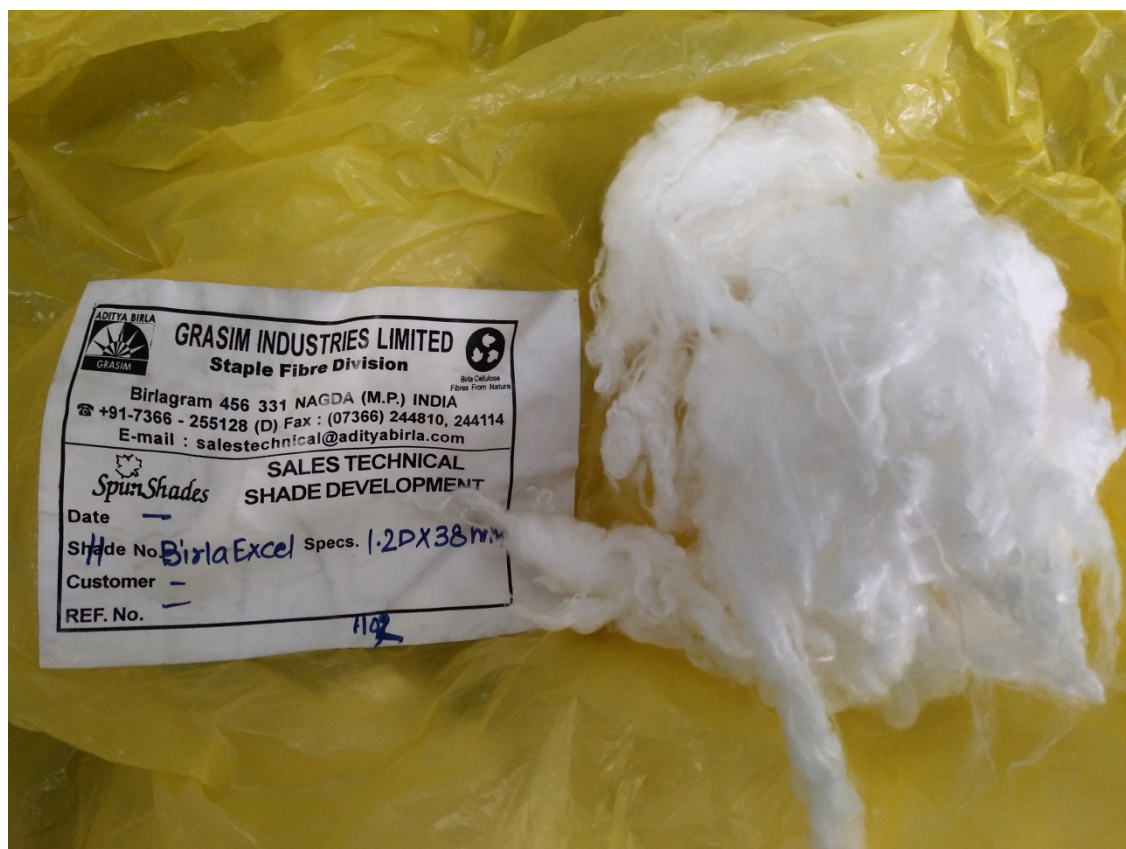
در این بخش از طرح هدف اصلی، شناسایی و تهیه مواد اولیه (الیاف منقطع) لایوسل از یک منبع معتبر و صحت‌سنجی آن جهت ساخت منسوج بی‌بافت زخم‌پوش و ساخت آن و مشخصه‌یابی است. با توجه به عدم تولید الیاف لایوسل و محدود بودن امکانات و تجهیزات تولید آن در ابعاد نیمه صنعتی، در داخل کشور و همچنین قطع فعلی واردات این الیاف از حدود یکسال و نیم گذشته (به دلیل فقدان بازار محصولات متداول و قیمت تمام شده زیاد آن)، ناگزیر به جستجو در سایر کشورها بود. بنابراین به دلیل تامین آن از منبع خارجی، نیاز به شناسایی و برخی مشخصه‌یابی‌های نمونه الیاف هست تا پیش از آماده‌سازی و تنظیم شرایط تولید نمونه‌ها و بهینه‌سازی منسوج نهایی، از صحت الیاف اطمینان حاصل شود. در این گزارش به جزئیات این موضوع، پیش از مرحله تولید منسوج بی‌بافت بهینه، پرداخته شده است و سپس وب بی بافت ساخته و مورد عملیات کربوکسیلاسیون قرار گرفت و در نهایت خواص آن بررسی شد.

فصل دوم

کارهای تجربی

۲-۱. شناسایی منبع مناسب برای تهیه الیاف

شناسایی منبعی مناسب برای تهیه الیاف لایوسل در داخل کشور به دلایل مذکور در بند ۱-۲، بسیار دشوار بود. لیکن این امر محقق شد و الیاف لایوسل یک تولید کننده معتبر به نام Grasim Industries Limited تحت نام تجاری BirlaExcel با متوسط طول ۳۸ میلیمتر و متوسط چگالی خطی (نمره) ۱/۲ دنیر در خارج از کشور تهیه شد. در شکل (۱) تصویری از الیاف لایوسل خریداری شده آورده شده است.



شکل ۱: تصویری از الیاف و مشخصات شرکت سازنده الیاف لایوسل تهیه شده

همان‌طور که در شکل (۱) هم دیده می‌شود الیاف کاملاً سفید، شفاف و یکنواخت هستند و برای راستی-آزمایی مشخصات مورد ادعای سازنده، آزمون‌های تعیین چگالی خطی و یکنواختی آن، تعیین متوسط طول و یکنواختی آن، سوزاندن (جهت بررسی سلولزی بودن آن) و مهمترین آزمون‌ها جهت قطعیت تمایز نوع الیاف لایوسل از الیاف ویسکوز، یعنی تعیین شکل سطح مقطع عرضی و خواص مکانیکی (استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی) انجام شد که نتایج در ادامه آورده شده است.

۲-۲. مشخصه یابی و راستی آزمایی الیاف لایوسل تهیه شده

در این بخش نتایج آزمون‌های تعیین چگالی خطی و یکنواختی آن، تعیین متوسط طول و یکنواختی آن، آزمون بررسی رفتار سوختن، تعیین شکل سطح مقطع عرضی و خواص مکانیکی ارائه شده است.

۲-۲-۱- آزمون تعیین چگالی خطی و طول الیاف و یکنواختی آن‌ها

چگالی خطی با استفاده از دستگاه سنجش چگالی خطی الیاف کوتاه از نوع ویبرومات Vibromat ارزیابی شد. در این آزمایش تعداد ۳۰ تکرار بر روی ۳۰ نمونه تکلیف که از قسمت‌های مختلف توده الیاف خریداری شده جدا شده بود، انجام شد. طول الیاف نیز برای ۳۰ نمونه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج میانگین این شاخص‌ها به همراه ضریب یکنواختی آنها در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱): نتایج چگالی خطی و طول الیاف لایوسل و یکنواختی آنها (۳۰ تکرار)

آزمون	Average	%C.V
چگالی خطی (dtex) Linear density	۱.۲۱	۳.۵
طول الیاف (mm) Fibers length	۳۷.۸	۵.۱

همان‌طور که ملاحظه می‌شود نتایج این بررسی با ادعای سازنده الیاف، کاملاً منطبق است و الیاف منقطع تهیه شده از یکنواختی خوبی در چگالی خطی و طول برش برخوردار هستند.

۲-۲-۲- آزمون بررسی رفتار سوختن الیاف

این آزمون برای بررسی منشأ طبیعی الیاف سلولزی به عنوان ساده‌ترین و سریع‌ترین روش استفاده می‌شود و با بررسی رفتار سوختن، بوی حاصله، رفتار خاموش‌شوندگی یا خودسوزی و خاکستر به‌جامانده می‌توان منشأ سلولزی الیاف را تایید کرد. نتایج ۵ بار آزمون سوزاندن الیاف تهیه شده بر روی شعله به شرح جدول (۲) بود.

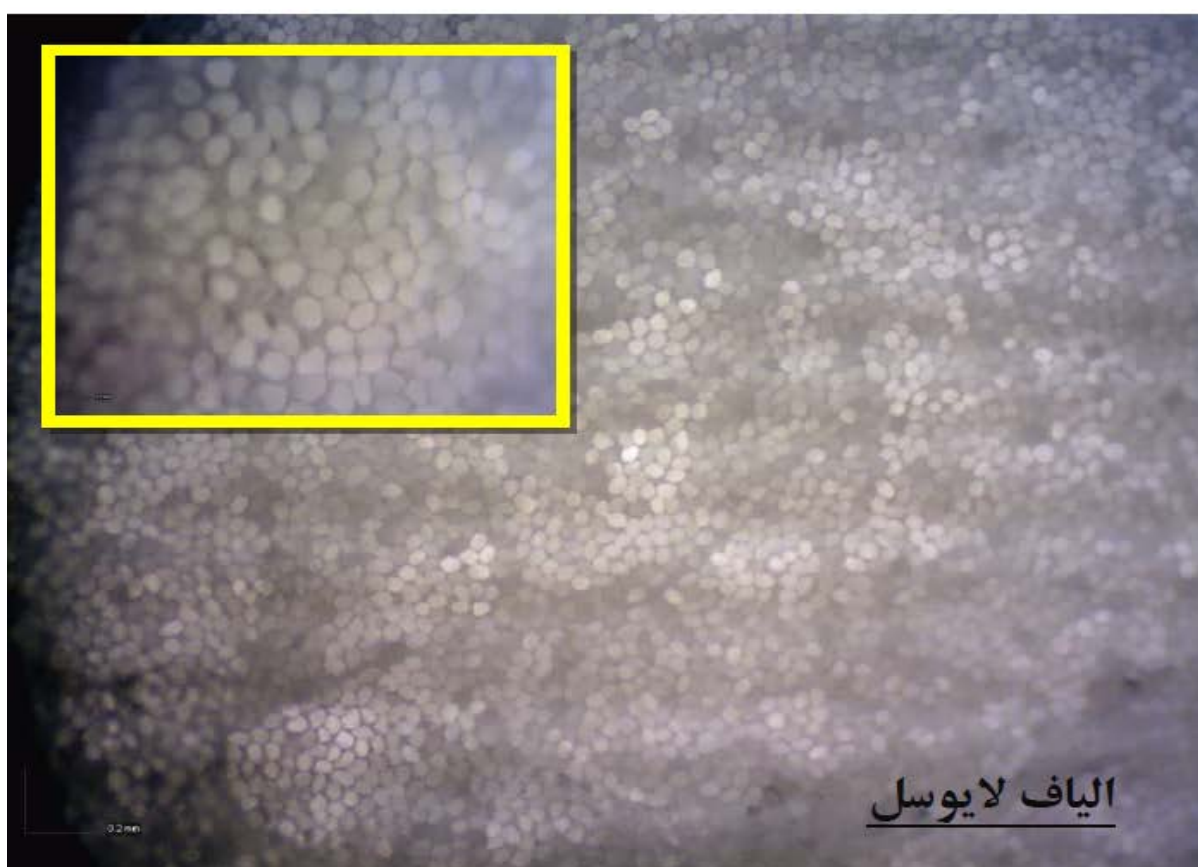
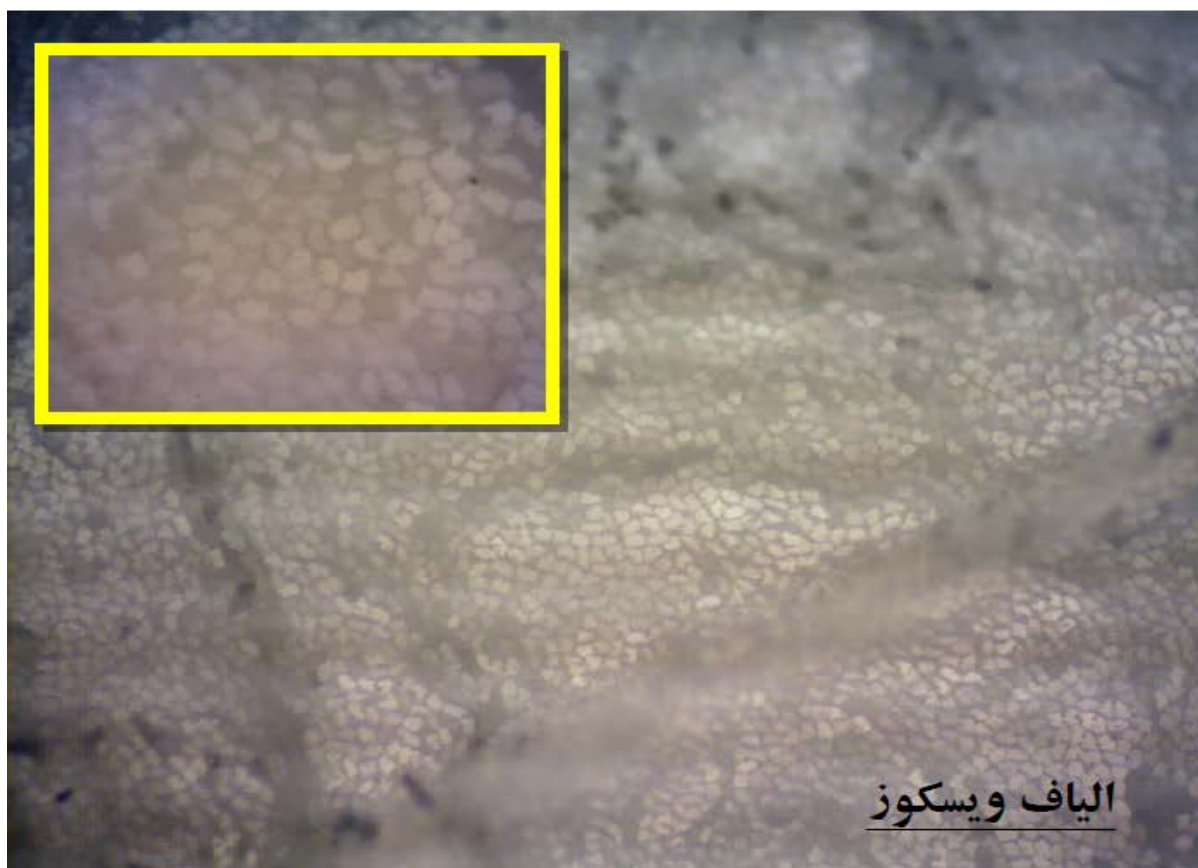
جدول (۲): نتایج ارزیابی سوزاندن الیاف لایوسل

ارزیابی‌های آزمون سوزاندن	نتیجه
رفتار سوختن در شعله	به سرعت شعله‌ور و می‌سوزد
رنگ دود	سفید خاکستری
رفتار سوختن خارج از شعله	خودسوزی
بوی دود	کاغذ سوخته
خاکستر به‌جامانده	خاکستر ناچیز پودری

نتایج جدول (۲) کاملاً موید منشاء سلولزی الیاف تهیه شده است و این آزمون تا این مرحله سلولزی بودن الیاف را تایید کرد. لیکن برای تشخیص نوع الیاف که ممکن است پنبه، ویسکوز یا لایوسل باشد به دو آزمون مهم و تعیین‌کننده، تعیین سطح مقطع عرضی و خواص مکانیکی، نیاز است که در ادامه نتایج آن‌ها آورده شده است.

۲-۲-۳ آزمون بررسی و مقایسه شکل سطح مقطع عرضی الیاف

یکی از روش‌های مناسب برای تشخیص اولیه نوع الیاف سلولزی از یکدیگر، بررسی شکل سطح مقطع عرضی آن‌ها است. زیرا الیاف پنبه که لیفی طبیعی است دارای سطح مقطع عرضی لوبیایی شکل، الیاف ویسکوز که به روش ترریسی تولید می‌شود دارای سطح مقطعی مضرس (پره پره) و الیاف لایوسل که با حلالی متفاوت از ویسکوز و با انعقادی بسیار آرام‌تر از الیاف ویسکوز تولید می‌شود، دارای سطح مقطعی منظم‌تر از دو مقطع عرضی الیاف پنبه و ویسکوز است (بدون تضرس و غیر لوبیایی شکل). در شکل (۲) تصاویر مقاطع عرضی الیاف ویسکوز تجاری موجود و الیاف لایوسل خریداری شده، آورده شده است. تصاویر به روش مرسوم صفحه فلزی روزنه‌دار و برش دسته الیاف با استفاده از میکروسکوپ نوری بوده است.



شکل ۲ : شکل سطح مقطع عرضی الیاف ویسکوز تجاری (بالا) و الیاف لایوسل تهیه شده (پایین)

در تصاویر بخش کادر زرد رنگ، بزرگنمایی بیشتر همان تصویر تهیه شده توسط میکروسکوپ نوری است.

همان طور که در شکل نیز به خوبی دیده می شود سطح مقطع عرضی بسیار یکنواخت الیاف تهیه شده (بدون تضرس و غیر لوبیایی شکل)، شاخصه تایید دیگری بر صحت الیاف لایوسل است. تصویر بالایی نیز سطح مقطع مضرس الیاف ویسکوز را به خوبی نمایان کرده است. حال برای تایید نهایی راستی آزمایی، خواص مکانیکی (استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی) هر دو نمونه الیاف فوق مورد آزمایش قرار گرفت.

۲-۲-۴- آزمون تعیین خواص مکانیکی الیاف

مهمترین و آخرین آزمونی که می تواند بر سایر آزمون های راستی آزمایی پیشین صحت بگذارد، آزمون خواص مکانیکی است. الیاف لایوسل از استحکام بسیار بیشتری نسبت به الیاف لایوسل برخوردار است و نتایج این آزمون برای الیاف تهیه شده و الیاف تجاری ویسکوز موجود با نمره و طول یکسان، می تواند تایید نهایی بر راستی آزمایی الیاف مورد استفاده در این طرح باشد. نتایج خواص مکانیکی هردولیف لایوسل و ویسکوز تجاری در جدول (۳) آورده شده است. این آزمون به وسیله دستگاه آزمون خواص کششی مدل اینسترون Instron و سل اعمال نیروی یک کیلوگرمی (مختص آزمون تک لیف) انجام شده است.

جدول (۳): خواص مکانیکی الیاف ویسکوز و الیاف لایوسل و یکنواختی آنها (۳۰ تکرار)

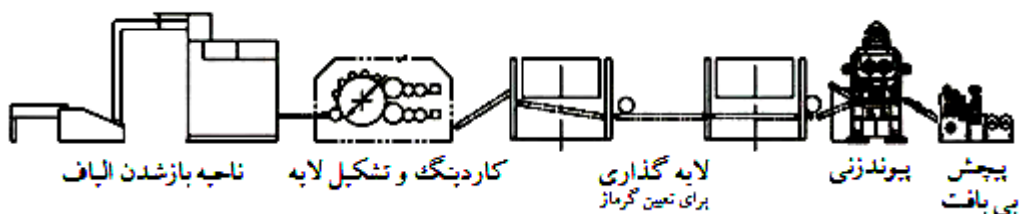
الیف ویژگی	لایوسل	ویسکوز
نیروی پارگی (cN/dtex)	۳.۷۴ (۹.۷)	۲.۱۰ (۸.۷)
ازدیاد طول تا حد پارگی (%)	۱۲.۵ (۱۱.۱)	۱۸.۵ (۱۲.۰)

* اعداد داخل پرانتز ضریب تغییرات داده ها هستند.

نتایج حاصل نشان دهنده استحکام بسیار بیشتر الیاف لایوسل نسبت به الیاف ویسکوز است (تقریباً دو برابر) و به همان نسبت ازدیاد طول تا حد پارگی الیاف لایوسل کمتر از الیاف ویسکوز است. بدین ترتیب گواه بعدی نشان دهنده صحت الیاف لایوسل تهیه شده در این طرح است. الیاف پنبه و ویسکوز هر دو استحکامی بسیار نزدیک به هم دارند و عامل اصلی تمایز این دو لیف با الیاف لایوسل، خواص مکانیکی (استحکام) آنها است.

۲-۳- تولید نمونه بی‌بافت آزمایشگاهی

فرایند تولید نمونه بی‌بافت آزمایشگاهی براساس شکل ۳ انجام شد.



شکل ۳: طرح‌واره فرایند تولید بی‌بافت زخم‌پوش

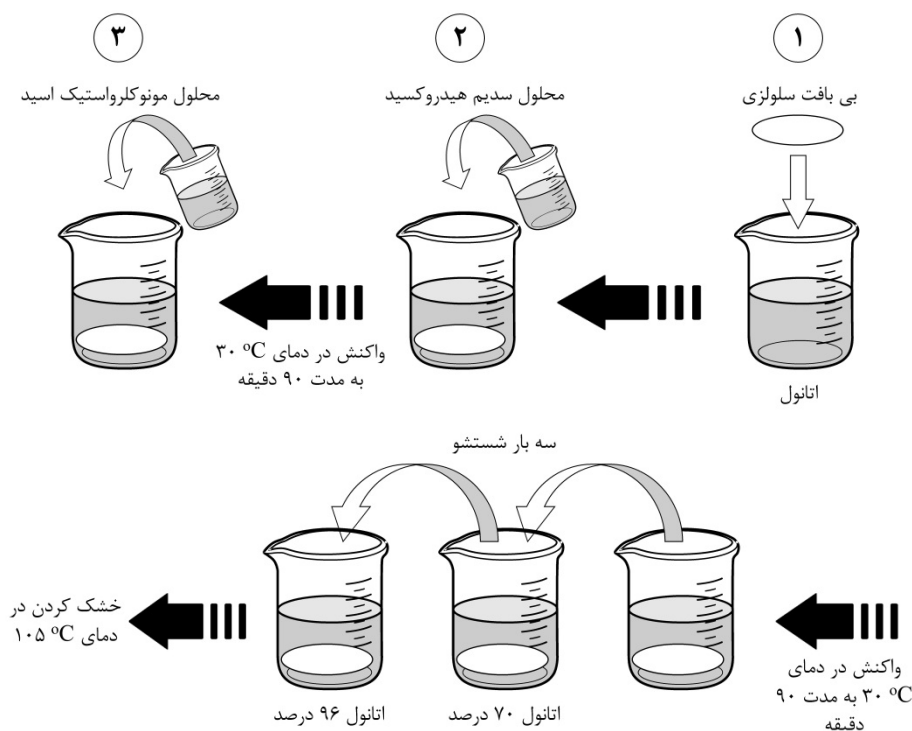
الیاف لایوسل با متوسط طول $37/8$ میلی‌متر به مرحله بازشدن الیاف هدایت شده و پس از بازشدن و پراکندگی یکنواخت به دستگاه کارد هدایت شد. در دستگاه کارد با استفاده از سوزنهای مخصوص الیاف در کنار یکدیگر قرارداده شده و آرایش یافته و در سطحی عریض به شکل یک لایه درمی‌آیند. در ناحیه لایه گذاری، بر اساس گرماژ مورد نظر و ظرفیت پیوندزنی خط، لایه‌ها تا رسیدن به گرماژ مورد نظر روی یکدیگر لایه‌گذاری شده و سپس به ناحیه پیوندزنی با سوزنهای مخصوص برای ایجاد اتصال مکانیکی و استحکام بخشی به بی‌بافت هدایت می‌شود. پس از سوزن‌زنی، بی‌بافت تولید شده توسط غلتک برداشت، پیچیده و آماده بهره‌برداری می‌شود. تصویری از لایه بی‌بافت تولید شده از الیاف ویسکوز در تصویر شکل ۴ ارائه شده است.

شکل ۱: تصویر بی‌بافت تولید شده از الیاف لایوسل

همانطور که در تصویر ملاحظه می‌شود، نمونه بی‌بافت با کیفیت و ظاهری بسیار یکنواخت و خوب تولید شد.

۲-۴- تولید بی بافت های کربوکسیله شده

برای تولید آزمایشگاهی نمونه های بی بافت سلولز کربوکسیله شده همانند روش گزارش شده در فاز قبلی برای تهیه الیاف نمونه ها استفاده شد (شکل ۵). برای این کار بی بافت سلولزی در اتانول غوطه ور شد و محلول سدیم هیدروکسید با استوکیومتری یک مول به ازای هر مول واحد مونومر گلوکز سلولز بصورت تدریجی و به همراه همزدن مخلوط به آن اضافه شد تا مرسریزاسیون سلولز کامل شود. در این مرحله دمای واکنش در 30°C کنترل شد. برای اتریفیکاسیون سلولز قلیایی به دست آمده از مرحله قبل، 0.5 مول مونوکلرو استیک اسید به تدریج به محیط واکنش اضافه گردید و رآکتور واکنش تا 70°C حرارت داده شد، و در این دما به مدت 90 دقیقه همزده شد. الیاف کربوکسیله شده سه مرتبه با 20 برابر جرمی اتانول 80% حجمی در دمای 60°C شستشو شده و در نهایت با اتانول 96% آب زدایی شد تا تمام ناخالصی های تولید شده در واکنش از محیط حذف گردد. الیاف در نهایت به مدت 90 دقیقه در دمای 105°C خشک شدند.



شکل ۵: نمایی از نحوه تولید بی بافت های سلولزی کربوکسیله شده

۲-۴-۱- مشخصه یابی بی بافت های کربوکسیله شدن

پس از انتخاب شرایط بهینه و تولید بی بافت های سلولز کربوکسیله شده در آن شرایط، نمونه ها جهت انجام آزمایش های مشخصه یابی مورد بررسی قرار گرفتند. از روش های زیر برای مشخصه یابی استفاده گردید.

- اندازه گیری درجه جانشینی

- اندازه گیری میزان تورم آزاد
- تست احتباس تحت اعمال فشار
- تغییرات سطحی (%)
- گرماژ
- میکروسکوپی

فصل سوم

نتایج و بحث

گزارش نتایج آزمون هیدروفاایبر سنتز شده در جهاد دانشگاهی یزد با نمونه صنعتی آکواسل و لیکواسل

۳-۱- خلاصه نتایج آزمون

جدول (۴): نتایج نهایی آزمون

آزمون	هیدروفاایبر سنتز شده	آکواسل	لیکواسل
تست تورم آزاد ($\text{g}/100 \text{ cm}^2$)	۱۴/۶۶	۱۶/۱۰	۲۳/۳۸
تست احتباس تحت اعمال فشار ($\text{g}/100 \text{ cm}^2$)	۷/۴۷	۹/۳	۱۲/۱۲
تغییرات سطحی (%)	-۱۰/۲۷	-۳۴/۴۰	-۲۱/۴۰
وزن (m^2)	۱۰۰/۵۸	۸۱/۹۹	۱۰۵/۱۳
قطر تقریبی الیاف	۲۰	۲۰	۲۰

۳-۲- شرح و جزئیات آزمون‌ها

۳-۲-۱- اندازه گیری درجه جایگزینی گروه‌های جانبی

از آن جایی که هدف اصلی این پروژه بیشتر روی مهندسی معکوس نمونه Aquacel بوده، لذا باید روشی برای اندازه گیری گروه‌های جانبی کربوکسی متیل سلولز ارائه گردد. برای اندازه‌گیری این فاکتور از استاندارد ASTM-D1439-03 استفاده شد. ابتدا ۴gr الیاف کربوکسی متیل سلولز در یک بشر ۲۵۰ml قرار داده و ۷۵ml اتانول ۹۵٪ به مواد افزوده می‌شود. سپس ۵ml نیتریک اسید (HNO_3) به مواد اضافه شده و ۲ دقیقه هم زده تا اسید به مواد نفوذ کند. مواد را روی هیتز گذاشته و ۵ دقیقه جوشانده می‌شود، و سپس گرما را حذف کرده و به مدت ۱۰ دقیقه مواد هم زده می‌شود. سپس مواد را فیلتر کرده و با متانول ۸۰٪ شستشو داده می‌شود. در پایان مواد را به وسیله مخلوط آب و اتانول شستشو داده می‌شود تا اسید کاملاً از مواد جدا شود و برای خشک کردن مواد از آون به مدت ۳ ساعت و دمای 105°C استفاده شد.

۱-۱/۵gr از اسید کربوکسیلیک CMC را در ارلن ۵۰۰ml قرار داده و ۱۰۰ml آب و ۲۵ml سدیم هیدروکسید ۰/۵-۰/۳ نرمال به محلول اضافه کرده و به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه جوشانده می‌شود تا تمام مواد حل شوند و سپس محلول سدیم هیدروکسید باقیمانده توسط هیدروکلریک اسید ۰/۵-۰/۳ نرمال، در حضور فنل فتالئین تیترو می‌شود. برای محاسبه DS (درجه جانبینی) از روابط ۱ و ۲ استفاده می‌شود [۴۲].

$$A = \frac{(BC - DE)}{F} \quad ۱$$

$$DS = \frac{0.162A}{(1 - 0.0584A)} \quad ۲$$

که در روابط ذکر شده:

B	حجم سدیم هیدروکسید استفاده شده	D	حجم اسید استفاده شده
C	نرمالیت سدیم هیدروکسید	E	نرمالیت اسید
F	وزن ماده تیترا شده		

این فاکتور برای نمونه Aquacel اندازه گیری گردید و متوسط مقادیر اندازه گیری شده درجه جایگزینی ۰/۳ را برای این نمونه پیشنهاد می دهد.

۳-۲-۲- تست تورم آزاد (Free swell absorbency)

این تست بر اساس آزمون استاندارد BSEN 13726 صورت گرفت. به صورت خلاصه سه قطعه از نمونه های مورد بررسی با ابعاد ۱ cm در ۱ cm بریده شده و به مدت ۳۰ دقیقه در محلول تورم استاندارد (۳۷ °C) قرار داده می شوند. با اندازه گیری وزن نمونه قبل (w_0) و (w_1) می توان میزان تورم را از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$Swelling = \frac{w_1 - w_0}{w_0}$$

جدول (۵) جزئیات نتایج تست تورم آزاد نمونه هیدروفاایر سنتز شده

تکرار	وزن اولیه (gr)	وزن ثانویه (gr)	تورم آزاد ($\text{g}/100\text{cm}^2$)
۱	۰/۰۲۰	۰/۲۵۴	۱۲/۹۳
۲	۰/۰۲۳	۰/۳۷۳	۱۳/۷۸
۳	۰/۰۲۹	۰/۵۲۷	۱۷/۲۹
متوسط			۱۴/۶۶

جدول (۶): جزئیات نتایج تست تورم آزاد نمونه آکواسل

تکرار	وزن اولیه (gr)	وزن ثانویه (gr)	تورم آزاد ($\text{g}/100\text{cm}^2$)
۱	۰/۰۲۰	۰/۲۳۱	۱۶/۷۸
۲	۰/۰۲۳	۰/۲۲۱	۱۵/۷۱
۳	۰/۰۲۹	۰/۲۷۱	۱۵/۸۲
متوسط			۱۶/۱۰

جدول (۷): جزئیات نتایج تست تورم آزاد نمونه لیکواسل

تکرار	وزن اولیه (gr)	وزن ثانویه (gr)	تورم آزاد ($\text{g}/100\text{cm}^2$)
۱	۰/۰۲۰	۰/۲۴۶	۲۳/۶۸
۲	۰/۰۲۳	۰/۲۵۵	۲۲/۶۳
۳	۰/۰۲۹	۰/۲۹۱	۲۳/۸۲
متوسط			۲۳/۳۸



سنتز شده آکواسل لیکواسل

شکل ۶: تصویر نمونه‌های مختلف پس از تورم در محلول

۳-۳-۳- تست احتباس تحت اعمال فشار (Retention under pressure)

برای انجام این تست، نمونه‌های متورم شده به صورت آزاد که در بخش قبل توضیح داده شد، تحت وزنه‌ای که فشار معادل ۴۰ میلی متر جیوه ایجاد می‌کند قرار گرفته می‌شود. در این حالت نمونه‌ها مقداری از محلول جذب شده را از خود خارج می‌کند. در این تست ظرفیت نگهداری، از طریق اختلاف بین وزن زخم پوش خشک و وزن زخم پوش تر پس از اعمال فشار به دست می‌آید.

جدول (۸): جزئیات نتایج تست احتباس تحت اعمال فشار نمونه هیدروفایبر سنتز شده

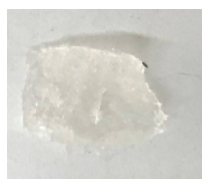
تکرار	وزن اولیه (gr)	وزن ثانویه (gr)	احتباس تحت فشار ($\text{g}/100\text{cm}^2$)
۱	۰/۰۲۰	۰/۱۵۲	۷/۳۲
۲	۰/۰۲۳	۰/۲۰۸	۷/۲۸
۳	۰/۰۲۹	۰/۲۵۴	۷/۸۱
متوسط			۷/۴۷

جدول (۹): جزئیات نتایج تست احتباس تحت اعمال فشار نمونه آکواسل

تکرار	وزن اولیه (gr)	وزن ثانویه (gr)	احتباس تحت فشار ($\text{g}/100\text{cm}^2$)
۱	۰/۰۱۱	۰/۱۵۲	۱۰/۷۵
۲	۰/۰۱۱	۰/۱۳۶	۹/۳۶
۳	۰/۰۱۳	۰/۱۴۰	۷/۷۹
متوسط			۹/۳۰

جدول (۱۰): جزئیات نتایج تست احتباس تحت اعمال فشار نمونه آکواسل

تکرار	وزن اولیه (gr)	وزن ثانویه (gr)	احتباس تحت فشار ($\text{g}/100\text{cm}^2$)
۱	۰/۰۱۱	۰/۱۳۳	۱۲/۳۰
۲	۰/۰۱۱	۰/۱۳۷	۱۱/۶۹
۳	۰/۰۱۲	۰/۱۵۷	۱۲/۳۸
متوسط			۱۲/۱۲



لیکواسل



آکواسل



سنتز شده

شکل ۷: تصویر نمونه‌های مختلف پس از قرار گرفتن تحت فشار

۳-۳-۴- تغییرات سطحی (Change in area)

سطح زخم پوش خشک و متورم شده پس از ۳۰ دقیقه توسط نرم افزار ImageJ اندازه‌گیری گردید. میزان تغییرات سطحی بر حسب درصد کاهش یا افزایش سطح پس از غوطه وری در محلول تورم بیان شده است.

جدول (۱۱): جزئیات نتایج تست تغییرات سطحی نمونه هیدروفاایبر سنتز شده

تکرار	مساحت اولیه (cm^2)	آکواسل (cm^2)	تغییرات سطحی
۱	۱/۸۱۰	۱/۶۸۳	-۷/۰۱
۲	۲/۵۴۰	۱/۹۸۹	-۲۱/۶۹
۳	۲/۸۸۰	۱/۸۱۹	-۲/۱۱
متوسط			-۱۰/۲۷

جدول (۱۲): جزئیات نتایج تست تغییرات سطحی نمونه هیدروفاایبر سنتز شده

تکرار	مساحت اولیه (cm^2)	آکواسل (cm^2)	تغییرات سطحی
۱	۱/۳۱۱	۰/۹۷۸	-۲۵/۴۰
۲	۱/۳۳۶	۰/۸۱۲	-۳۹/۲۲
۳	۱/۶۳۰	۱/۰۰۱	-۳۴/۵۹
متوسط			-۳۴/۴۰

جدول (۱۳): جزئیات نتایج تست تغییرات سطحی نمونه هیدروفاایبر سنتز شده

تکرار	مساحت اولیه (cm^2)	آکواسل (cm^2)	تغییرات سطحی
۱	۰/۹۹۲	۰/۷۸۲	-۲۱/۱۷
۲	۱/۰۷۸	۰/۸۲۴	-۲۳/۵۶
۳	۱/۱۷۱	۰/۹۴۳	-۱۹/۴۷
متوسط			-۲۱/۴۰

۳-۳-۵- وزن متر مربع (Dressing mass)

از تمامی نمونه‌های هیدروفاایبر سنتز شده و صنعتی نمونه‌هایی با ابعاد یک سانتی متر مربعی بریده شده و میانگین وزن بر حسب گرم برم مترمربع در جدول گزارش شده است.

جدول (۱۴): وزن مترمربع نمونه‌های مختلف هیدروفاایبر

تکرار	نمونه سنتز شده	آکواسل	لیکواسل
۱	۱۱۰	۸۴	۱۱۱
۲	۹۱	۸۲	۱۰۲
۳	۱۰۱	۸۰	۱۰۲
متوسط (g/m^2)	۱۱۱	۸۲	۱۰۵

فصل چهارم

نتیجه‌گیری

۴-۱- نتیجه‌گیری

هدف اصلی این فاز تهیه زخم پوش هیدروفایبر از الیاف لایوسل و بررسی خواص آن بوده است. برای این منظور، آزمون‌های تعیین چگالی خطی و یکنواختی آن، تعیین متوسط طول و یکنواختی آن، بررسی رفتار سوختن و سپس آزمون‌ها جهت قطعیت تمایز نوع الیاف لایوسل از الیاف ویسکوز، یعنی تعیین شکل سطح مقطع عرضی و خواص مکانیکی (استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی) انجام شد. نتایج نشان داد:

۱. چگالی خطی و طول الیاف لایوسل تهیه شده با ادعای سازنده کاملاً منطبق بود و یکنواختی بسیار خوبی نیز در متوسط این دو شاخص ملاحظه شد.

۲. بررسی رفتار سوختن الیاف در شعله، موید منشاء سلولزی الیاف تهیه شده بود.

۳. شکل سطح مقطع منظم و غیر مضرس و غیر لوبیایی شکل آن، یکی از عوامل مهم تایید الیاف لایوسل بود.

۴. استحکام بسیار بیشتر (تقریباً دو برابری) الیاف تهیه شده، مهر تایید نهایی بر صحت الیاف لایوسل تهیه شده بود.

سپس وب بی بافت از الیاف لایوسل تهیه و مورد عملیات کربوکسیلاسیون قرار گرفت. نتایج آزمون‌های مشخصه یابی در مقایسه با زخم پوش‌های آکواسل و لیکواسل کیفیت خوب این زخم پوش را تایید می‌کند.