

# کاربرد بی‌بافت‌های الیاف توخالی پلی استری (پلی اتیلن ترفتالات) در جمع‌آوری آلودگی‌های نفتی

پژوهش‌نفت

سال بیست و سوم

شماره ۷۶

۱۳۹۲

صفحه، ۶۴-۵۷

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۱۱/۳۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۴/۲۴

علی صالحی‌راد<sup>۱</sup> و <sup>۲\*</sup> محمد حقیقت‌کیش<sup>۱</sup> و سیدمحمد حسینی ورکیانی<sup>۱</sup>

۱- دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی

۲- وزارت صنعت، معدن و تجارت، دفتر صنایع نساجی و پوشاک

alisalehirad@aut.ac.ir

## مقدمه

افزایش جمعیت و رشد صنایع، افزایش تقاضا برای استفاده از مواد نفتی و به تبع آن افزایش استخراج نفت و رفت و آمد نفت‌کش‌ها در دریاها و اقیانوس‌ها را در پی داشته است. همه ساله در اثر حوادث مختلف و راه‌یابی مواد نفتی به آب‌های مناطق مختلف جهان، آلودگی‌های زیست‌محیطی و خسارات اقتصادی فراوانی بر دولت‌ها و شرکت‌های نفتی تحمیل می‌گردد. تخمین زده می‌شود که سالانه بیش از ۱۶۰ هزار تن نفت در اثر حوادث گوناگون به دریاها و اقیانوس‌ها وارد می‌شود [۱].

از آثار زیست‌محیطی آلودگی آب‌ها به مواد نفتی می‌توان به کاهش اکسیژن برای موجودات دریایی (گیاهان آبی، ماهی‌ها و موجودات ذره‌بینی)، آلودگی پره‌های پرندگان به مواد نفتی و کاهش قدرت پرواز و قدرت عایق‌بندی گرمایی با محیط و در نتیجه مرگ آنها، مختل شدن سیستم‌های تصفیه آب دریایی، راه‌یابی مواد سمی موجود در نفت به زنجیره‌های غذایی و غیره اشاره کرد.

در دهه‌های اخیر حوادث نفتی بسیاری در تاریخ ثبت شده است (جدول ۱).

رها شدن ناخواسته نفت از مخازن گوناگون به دریا خسارات زیست‌محیطی و اقتصادی فراوانی به همراه دارد. در تحقیقات اخیر برای حذف مواد نفتی شناور از سطح آب اقیانوس‌ها، جاذب‌های مصنوعی و طبیعی مانند الیاف پلی‌پروپیلن، پنبه و پشم به کار رفته است. در تحقیق حاضر، منسوجات بی‌بافت ساخته شده از مخلوط الیاف معمولی و توخالی پلی‌استر (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ توخالی) از نظر ظرفیت برداشت و روغن باقی‌مانده مورد آزمایش قرار گرفتند. چهار نمونه مایعات نفتی در آزمایشات به کار رفت. ظرفیت جذب و قابلیت باقی‌ماندن مایع نفتی در منسوج ۱۰۰٪ الیاف توخالی در میان نمونه‌های مورد آزمایش، برتر بود. نتایج نشان می‌دهد که جایگزینی الیاف معمولی با الیاف توخالی، ظرفیت برداشت مایعات نفتی را افزایش می‌دهد و مانع فرورفتن الیاف در عمق آب می‌شود. این مزیت الیاف توخالی به علت سطح مخصوص بیشتر و حجم ظاهری بزرگ‌تر آن می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی نفتی، پاک‌سازی لکه‌های نفتی، الیاف توخالی پلی‌استری، منسوجات بی‌بافت

جدول ۱- بعضی حوادث نفتی مرتبط با نشت و پخش فرآورده‌های نفتی در آب‌های دریا [۱]

سال وقوع	نام کشتی یا نام میدان نفتی	محل رخداد	میزان پخش آلودگی (برحسب تن)
۱۹۶۷	کانیون Canyon	انگلستان	۱۱۹۰۰۰
۱۹۷۸	کادیز Cadiz	فرانسه	۲۲۷۰۰۰
۱۹۷۹	امپراتور آتلانتیک Atlantic Empress	تویاگو	۲۸۰۰۰۰
۱۹۸۳	میدان نفتی نوروز Nowruz Field	خلیج فارس	۲۶۰۰۰۰
۱۹۸۸	اودیسه Odyssey	کانادا	۱۳۲۰۰۰
۱۹۹۱	ای.بی.تی A.B.T	آنگولا	۲۶۰۰۰۰
۲۰۱۰	خلیج مکزیک Gulf of Mexico	آمریکا	۶۶۲۰۰۰

[۴] نشان دادند که پرلایت نیز همچون جاذب‌های طبیعی و مصنوعی الیافی می‌تواند برای جذب آلودگی‌های نفتی به کار رود.

سنانوراک وارکول [۵] کارآیی جذب یک نمونه بی‌بافت پلی‌پروپیلنی را با نمونه خام الیاف کاغذی<sup>۲</sup> در شرایط ساکن و توسط ۳ نوع نفت سبک (سوخت موتورهای دیزلی)، متوسط (نفت خام) و نفت سنگین، در دو زمان کوتاه (۱۵ دقیقه) و بلند (۲۴ ساعت) طبق استاندارد ASTM F726-99 مقایسه نمود. نتایج نشان داد که نمونه پلی‌پروپیلنی دارای جذب سریع‌تر و بیشتری (۹-۱۲ gr/gr) نسبت به پالپ (۱/۵-۹ gr/gr) بوده و بهتر است آزمایشات در شرایط دینامیک (بی‌بافت و آب در حالت متحرک) انجام شود. رادتیگ و همکارانش [۶] بی‌بافت‌های ساخته شده از پشم بازیافته (۷۸٪ پشم، ۲۲٪ پلی‌استر) را به منظور زدودن مواد نفتی از سطح آب به کار گرفتند. آزمایشات ایشان در دو حالت نفت بر سطح آب و نفت بدون آب و با آزمودن ۵ نمونه مایعات نفتی انجام گرفت. به دلیل اینکه در کارهای سایر محققان تفاوت چشمگیری بین جذب مایعات نفتی در آب مقطر و در آب دریای مصنوعی گزارش نشده بود، ایشان در آزمایشات خود از آب مقطر استفاده نمودند. ساید و همکارانش [۷] نیز تأثیر گرفت کردن تفاله نیشکر<sup>۳</sup> با اسید چرب را بر خواص جذب مایعات نفتی مورد

حادثه نفتی جنگ خلیج فارس در اذهان بسیاری از مردم کشور ما باقی است. آخرین حادثه بزرگ نفتی در خلیج مکزیک (در آمریکا) در اثر انفجار سکوی نفتی "دیپواتر هاریزون"<sup>۱</sup> تحت مسؤلیت شرکت نفت بریتانیا (BP) در ۳۱ فروردین ۱۳۸۹ روی داد که با مرگ جانداران دریایی بسیار و میلیاردها دلار هزینه جهت پاک‌سازی و مقابله با آلودگی محیطی ناشی از آن همراه بود.

روش‌های مختلفی برای کاهش آلودگی‌های نفتی وجود دارد [۲] که روش جذب توسط انواع جاذب‌ها مورد توجه بسیاری از محققین بوده است [۳-۹]. جذب آلودگی‌های نفتی توسط مواد گوناگون به دو بخش عمده جذب مولکولی و جذب سطحی تقسیم می‌شود. معمولاً در جذب سطحی، قطرات نفت در سطح جاذب نگه‌داشته می‌شود. ولی در جذب مولکولی که عمدتاً توسط فوق‌جاذب‌های دانه‌ای شکل پلیمری انجام می‌شود، مواد نفتی در فضای بین مولکولی پلیمر جذب می‌شود. در جذب سطحی مواد نفتی، از مواد طبیعی معدنی یا آلی (مانند شلتوک، پرلایت، گرافیت، ذغال سنگ، پوشال، پنبه، خاکاره، ضایعات پشم و غیره) و مواد آلی سنتز شده (انواع پلیمرها) استفاده می‌شود [۳-۹].

چوی و کاون [۳] بی‌بافت‌هایی با درصدهای مختلف از پنبه و پلی‌پروپیلن تهیه نمودند و با انجام آزمایشات جذب نفت دریافتند که بی‌بافت‌های پلی‌پروپیلن نسبت به بی‌بافت‌های پنبه‌ای کارایی بهتری دارند. تیز و همکارانش

1. Deepwater Horizon  
2. Pulp Fiber  
3. Bagasse

نفی از سطح دریا، از مایعات مختلفی استفاده گردید که مشخصات آنها در جدول ۲ آورده شده است. برای هر اندازه‌گیری حداقل ۳ آزمایش انجام شد و میانگین داده‌ها گزارش گردید.

نفی شماره ۱ معمولاً به منظور سوخت خانگی، نفی شماره ۲ سوخت خودروهای دیزلی، نفی شماره ۳، نفی خام و نفی شماره ۴ در موتور خودروها به کار می‌رود.

الیاف توخالی و معمولی پلی‌استری منقطع به ترتیب از شرکت‌های گلریز قم و آریان بوشهر تهیه شد و در خط تولید لایه‌های بی‌بافت، شامل بازکردن، مخلوط کردن، کاردینگ، کراس لپینگ و سوزن زنی با چگالی سوزن‌زنی اولیه  $60 \text{ cm}^2$  و ثانویه  $31 \text{ cm}^2$  تبدیل به لایه‌های بی‌بافت شد. مشخصات الیاف و لایه‌ها در جداول ۳ و ۴ آمده است. تصویری از سطح مقطع این الیاف و نحوه قرارگیری یک قطره مایع نفی بر روی سطح یک تک لیف در شکل ۱ رسم شده است.

بررسی قرار دادند. رنگاسامی و همکارانش [۸] الیاف کاپوک، استبرق<sup>۱</sup> و الیاف پلی پروپیلن را از نظر خواص جذب نفت با هم مقایسه نموده و گزارش کردند که این دو لیف طبیعی خواص جذب نفت خوبی دارند، ولی الیاف پلی پروپیلن از این دو لیف بهتر می‌باشد. قیمت نسبتاً پایین الیاف پلی استری و امکان تولید الیاف از ضایعات، یکی از مزیت‌های امروزه این الیاف می‌باشد و الیاف توخالی پلی‌استری هنوز در زمینه حذف آلودگی‌های نفتی به کار گرفته نشده است، لذا بررسی کارایی و مزیت این الیاف در پاک‌سازی آلودگی‌های نفتی یکی از ضروریات انجام این تحقیق بود. بنابراین منسوجات بی‌بافت پلی‌استری با درصد‌های مختلفی از الیاف معمولی و الیاف توخالی تهیه شد و به منظور حذف آلودگی‌های نفتی مورد آزمایش قرار گرفت.

## روش کار

### مواد

به منظور انجام آزمایشات در خصوص حذف آلاینده‌های

جدول ۲- مشخصات آب و مایعات نفی

مایع	مشخصه	کشش سطحی (dyne/cm)	ویسکوزیته (cP)	چگالی (gr/cm <sup>3</sup> )	دمای جوش (°C)	نحوه تهیه
آب شهری	Tab water	71±2/5	1±1/4	1	97	آب لوله کشی
نفت پالایش شده	Oil1	31±0/7	3±0/7	0/78	186	پالایشگاه اصفهان
گازوئیل	Oil2	32±2/5	5/5±2	0/82	240	پمپ بنزین
نفت خام	Oil3	30±1/4	8/5±0/7	0/85	170 (نقطه جوش اول)	از میدین حوزه خلیج فارس از طریق شرکت فلات قاره
روغن موتور Castrol GTX	Oil4	36±0/7	373±7	0/89	260	نمایندگی فروش شرکت کسترول

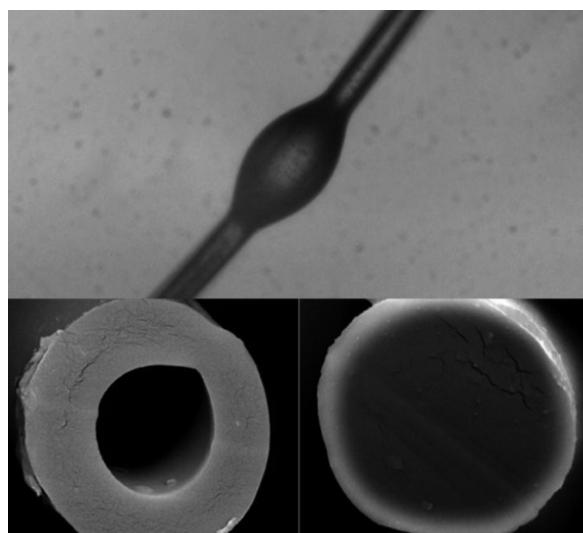
جدول ۳- مشخصات الیاف

الیاف توخالی	قطر (میکرون)		چگالی خطی * (dtex)	طول (mm)	چگالی (gr/cm <sup>3</sup> )	استحکام	ازدیاد طول تا پارگی (%)
	بیرونی	درونی					
الیاف توخالی	32±0/7	15±0/4	7/8	64	1/39	36/2	46/7
الیاف معمولی	33±0/6	0	13/3	80	1/41	61/9	78/6

dtex یا همان دسی تکس عبارت است از یک دهم تکس یا به عبارت دیگر وزن ده هزار متر رشته یا نخ

جدول ۴- مشخصات بی‌بافت‌ها (با ۹۵٪ محدوده اطمینان)

ازدیاد طول پارگی (%)	استحکام (CN/Tex)		ضخامت (mm)	چگالی سطحی (g/m <sup>2</sup> )	درصد الیاف در مخلوط	شماره نمونه
	درجهت طولی	درجهت عرضی				
۱۰۹/۲۷±۲/۷	۱۲۰/۲۸±۵/۳	۳/۴۰±۰/۱۹	۱/۹۰±۰/۱۶	۳/۷۸±۰/۰۴۳	۳۷۴±۱۴	۰
۱۰۹/۳۴±۲/۰	۱۱۹/۵۰±۵/۴	۳/۳۹±۰/۱۷	۱/۷۹±۰/۱۹	۳/۹۸±۰/۰۴۹	۳۵۵±۱۴	۲۵
۱۰۴/۶۶±۴/۷	۱۱۵/۶۶±۵/۰	۳/۳۶±۰/۲۲	۱/۸۰±۰/۱۹	۳/۳۴±۰/۰۵۵	۳۳۷±۱۵	۵۰
۱۰۴/۳۹±۲/۲	۱۱۴/۴۲±۵/۷	۳/۱۲±۰/۱۲	۱/۷۵±۰/۰۷	۳/۹۷±۰/۰۵۷	۲۸۹±۱۳	۷۵
۱۰۲/۹۹±۵/۹	۱۰۹/۸۳±۴/۳	۳/۱۱±۰/۳۸	۱/۷۵±۰/۰۵	۴/۰۶±۰/۰۶۵	۲۷۲±۸	۱۰۰



شکل ۱- تصاویر تهیه شده از سطح مقطع الیاف توخالی و معمولی (به کمک میکروسکوپ الکترونی SEM) و یک قطره مایع نفتی قرارگرفته بر قسمتی از یک تک لیف (به وسیله میکروسکوپ نوری)

فافوگراف<sup>۱</sup> ساخت شرکت تکس تکنو<sup>۲</sup> با اندازه‌گیری ۴۰ نمونه و میانگین‌گیری از آنها به دست آمد. آزمایش استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی لایه‌های بی‌بافت بر اساس استاندارد ASTM D5035-2003 [۱۲] با نرخ ازدیاد طول ثابت (CRE) ۳۰ cm/min توسط دستگاه اینسترون مدل ۵۵۶۶ ساخت کشور انگلستان انجام شد.

### روش آزمایش

قبل از انجام آزمایشات مربوط به حذف آلودگی نفتی از

قطر الیاف توسط اندازه‌گیری ۵۰ لیف با میکروسکوپ نوری به دست آمد. چگالی الیاف به کمک روش غوطه‌وری در هپتان ( $\rho=0/69 \text{ g/cm}^3$ ) و کلروفرم ( $\rho=1/48 \text{ g/cm}^3$ ) اندازه‌گیری شد. چگالی سطحی لایه‌های بی‌بافت طبق روش ASTM D6242-1998 [۱۰] اندازه‌گیری گردید و ضخامت نمونه‌ها بر اساس روش استاندارد ASTM D5729-1997 [۱۱] به کمک ضخامت‌سنج آزمایشگاهی مدل (Shirley Developments Limited; UK) SDL تحت فشار  $20 \text{ g/cm}^2$  با اندازه‌گیری شش نقطه از هر نمونه به دست آمد.

استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی الیاف به کمک دستگاه

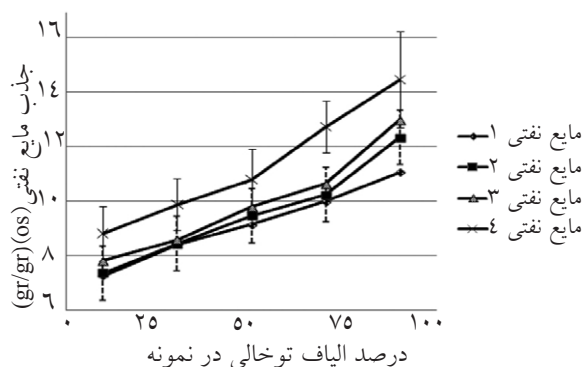
1. Fafegraph  
2. Texttechno

(KRUSS processor; Tensiometer Model.K100sf) اندازه‌گیری و مشاهده شد که زاویه تماس این نوع الیاف پلی‌استری (معمولی و توخالی) با آب در محدوده ۷۲-۷۸ درجه و با این نوع مایعات نفتی در محدوده ۳۵-۴۲ درجه می‌باشد.

### نتایج و بحث

#### بررسی تأثیر توخالی بودن الیاف بر روی ظرفیت جذب مایعات نفتی

به منظور بررسی تأثیر توخالی بودن الیاف بر روی ظرفیت جذب مایعات نفتی<sup>۲</sup> (بدون حضور آب) منسوج، نمونه‌های ۱ تا ۵ طبق روشی که در بخش قبلی بیان شد، مورد آزمایش قرار گرفتند که نتایج آن در شکل ۲ رسم شده است. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود، با افزایش درصد الیاف توخالی در منسوج، میزان برداشت انواع مایعات نفتی افزایش یافته است.



شکل ۲- وابستگی جذب مایعات نفتی (در حالت جذب مایعات نفتی بدون حضور آب)، به درصد الیاف توخالی داخل منسوج<sup>۲</sup>

#### بررسی تأثیر توخالی بودن الیاف در حذف آلودگی‌های نفتی از سطح دریا

به منظور بررسی تأثیر توخالی بودن الیاف بر روی ظرفیت و کارایی منسوجات در حذف آلودگی‌های نفتی از سطح دریا، طبق روشی که در بخش قبلی بیان گردید، نمونه‌های ۱ تا ۵ مورد آزمایش قرار گرفتند که نتایج این آزمایشات در جدول ۵ ارائه شده است.

سطح آب، کلیه نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط آزمایشگاه قرار داده شدند. سپس آزمایشات بر اساس روش استاندارد ASTM F726-99 [۱۳] انجام شد. برای انجام آزمایشات تعیین ظرفیت جذب در آب، ۶۰۰ ml آب لوله در یک ظرف ۱۰۰۰ ml قرار داده شد و در دو حالت ۵ و ۳۰ gr آلودگی نفتی بر روی آب، مورد آزمایش قرار گرفت. از هر بی‌بافت، ۳ نمونه دایره‌ای شکل به قطر ۴ cm بریده شد و وزن گردید. سپس مجموعه بر روی لرزاننده مدل DIKKAT SL350-Turkey در فرکانس ۱۰۰ سیکل بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد. بعد از آن نمونه‌ها خارج گردید و به مدت ۳۰ ثانیه اجازه ریزش مایعات اضافی به آن داده شد. سپس دوباره وزن گردید. مقدار جذب مایعات نفتی (OS) از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$OS = \frac{m_t - m_w - m_o}{m_o} \quad (1)$$

$m_o$  جرم اولیه نمونه،  $m_t$  جرم کل نمونه پس از ریزش مایعات اضافه در اثر آویزش، و  $m_w$  جرم آب جذب شده توسط نمونه میباشد که این مقدار آب طبق روش استاندارد ASTM D4006-81 [۱۴] و ASTM E123-78 [۱۵] و به کمک استخراج و تعیین مایعات جذب شده از نمونه‌ها توسط نوع خاصی از دستگاه تقطیر تعیین می‌شود.

برای انجام آزمون جذب مایعات نفتی، نمونه‌های بی‌بافت در مایعات نفتی بدون حضور آب قرار داده شد و کاملاً مشابه روش فوق عمل گردید. در این مورد OS از رابطه ۱ با فرض  $m_w = 0$ ، به دست می‌آید.

به منظور تعیین قابلیت نگهداری مایعات با زمان، نمونه ۱۰۰٪ توخالی به ابعاد مربعی ۵×۵ cm بریده شد. سپس در ۱۵۰ ml مایعات نفتی به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد. بعد از آن نمونه‌ها خارج گردید و به صورت عمودی آویزان شد. وزن نمونه‌ها پس از ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۳۰۰ و ۱۸۰۰ ثانیه پس از آویزش اندازه‌گیری گردید. وزن مایعات نفتی باقی‌مانده از کم کردن مقدار مایعات نفتی چکیده شده و وزن اولیه نمونه خشک، از وزن اولیه نمونه کاملاً تر به دست آمد.

به منظور کمک به توجیه نظری جذب مایعات نفتی از سطح آب، محدوده زاویه تماس الیاف پلی‌استری مورد استفاده در این تحقیق با آب و مایعات نفتی به کمک دستگاه

1. Oil Sorbency

2. Oil Absorption Capacity

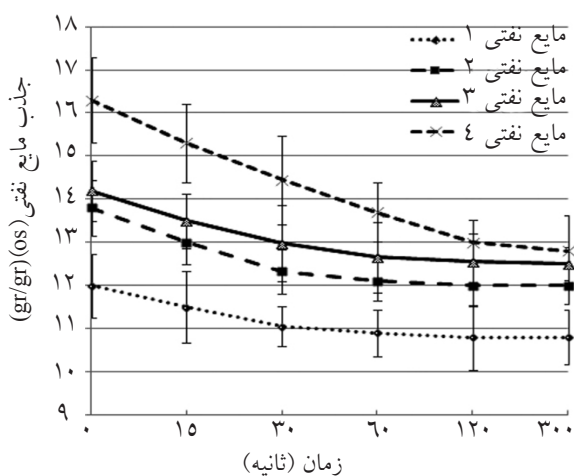
۳. به منظور جلوگیری از عدم وضوح شکل، error bar فقط برای مایعات نفتی شماره‌های ۳ و ۴ رسم گردیده شده است.

جدول ۵- میانگین جذب مایعات نفتی (OS) از سطح آب توسط بی‌بافت‌های مخلوط الیاف توخالی و معمولی

Oil3	Oil2	Oil1	نمونه‌های بی‌بافت	
۸/۵۵±۰/۵۹	عدم موفقیت <sup>۱</sup>	۷/۰۳±۰/۷۷	OS	%۰ توخالی
۰/۷	—	۰/۲۵	m <sub>w</sub>	
۹/۱۳±۰/۶۲	عدم موفقیت	۸/۲۵±۰/۵۵	OS	%۲۵ توخالی
۰/۵	—	۰/۳	m <sub>w</sub>	
۱۰/۴۷±۰/۵۳	۹/۳±۱/۶۶	۸/۸۱±۰/۲۷	OS	%۵۰ توخالی
۰/۸	۰/۷	۰/۳	m <sub>w</sub>	
۱۰/۹۱±۱/۱۴	۹/۶۷±۱/۰۱	۹/۱۵±۱/۸۷	OS	%۷۵ توخالی
۰/۶	۱	۰/۵	m <sub>w</sub>	
۱۲/۱۳±۱/۱۷	۱۲/۱۷±۱/۴۹	۱۰/۱±۱/۱	OS	%۱۰۰ توخالی
۰/۳	۰/۸	۰/۴	m <sub>w</sub>	

### قابلیت نگهداری مایعات با زمان

به منظور بررسی تأثیر توخالی بودن الیاف بر روی قابلیت نگهداری مایعات با زمان، طبق روشی که در بخش قبلی بیان گردید، نمونه ۵ مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج این آزمایشات در شکل ۳ به صورت نمودار رسم شده است. این شکل نشان می‌دهد، پس از ۶۰ ثانیه ریزش، تغییری در میزان مایعات نفتی سبک جذب شده در منسوج با زمان اتفاق نمی‌افتد و به عبارت دیگر ریزش مایعات نفتی پایان یافته است.



شکل ۳- مقدار مایعات نفتی باقی‌مانده در نمونه بی‌بافت %۱۰۰ الیاف توخالی در طول زمان

همان گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش درصد الیاف توخالی (جایگزینی الیاف معمولی با الیاف توخالی)، میزان برداشت آلودگی از سطح آب توسط منسوج بیشتر شده و با توجه به تمایل بیشتر به شناور ماندن در سطح آب و فرونرفتن در آب، کارایی منسوج در برداشت و حذف آلودگی از سطح آب افزایش می‌یابد.

لکه‌های نفتی مایع شماره ۴ پس از قرارگیری در سطح آب، به دلیل افزایش ویسکوزیته، به راحتی روی سطح آب پخش نمی‌شود، لذا جمع‌آوری و جذب آن توسط جاذب‌های مورد استفاده در این تحقیق نتایج مناسبی دربرداشت و پیش از آنکه ماده نفتی بتواند درون منسوج به خوبی راه یابد، منسوج از آب آغشته شده و نمونه‌ها یا به ته ظرف سقوط می‌کردند و یا به خوبی جذب نمی‌شدند. به نظر می‌رسد برای جذب این گونه مایعات نفتی نیاز به زمان‌های بالاتر، منسوجات با متوسط قطر حفرات بیشتر (به منظور جذب سریع‌تر) و یا جمع‌آوری به روش‌های دیگر (از جمله روش مکش) می‌باشد.

نتایج در مورد جذب مایعات نفتی از سطح آب، با اضافه نمودن ۳۰ ml آلودگی در سطح آب، نیز تفاوت چندانی با جذب مایعات نفتی بدون حضور آب از خود نشان نداد. این مساله به این علت است که وقتی قطر لایه نفتی بر روی آب زیاد باشد، منسوج تماسی با آب ندارد. لذا آغشته به آب نشده و جذب آبی نخواهد داشت.



آب و ویسکوزیته آن نیز در حذف آلودگی‌های نفتی از سطح دریا باید مورد توجه قرار گیرد. به همین دلیل است که مایع نفتی شماره ۴ به علت پخش نشدن یکنواخت در سطح آب، نمی‌تواند به خوبی در تماس با سطح منسوج جذب گیرد. همچنین به علت ویسکوزیته بالای این مایع نفتی، سرعت نفوذ بسیار کمی در داخل منسوج دارد. لذا این مایع نفتی با این منسوجات به خوبی از سطح آب حذف نگردد و قبل از آنکه این مایع نفتی بتواند به داخل منسوج راه یابد، آب تمام منافذ داخل منسوج را پر کرد.

### نتیجه‌گیری

الیاف پلی‌استر به منظور حذف آلودگی‌های نفتی از سطح آب کمتر به کار رفته است که علت آن را می‌توان به فرورفتن الیاف در آب به علت چگالی نسبت داد. با توخالی نمودن این الیاف، به علت کم شدن چگالی ظاهری الیاف، مشکل شناور ماندن بر سطح آب هنگام استفاده در حذف آلاینده‌های نفتی کاهش می‌یابد و به راحتی می‌تواند برای حذف آلاینده‌های نفتی به کار گرفته شود. همچنین استفاده از الیاف توخالی به جای الیاف معمولی، میزان ظرفیت منسوج در جذب مایعات نفتی را افزایش می‌دهد. لذا کارایی منسوج در حذف آلاینده‌های نفتی بیشتر می‌شود. همچنین امروزه قیمت پایین الیاف پلی‌استر می‌تواند یکی از مزایای استفاده از این الیاف باشد. در مورد مایعات نفتی با ویسکوزیته بسیار زیاد، بهتر است روش جذب توسط منسوجات با روش‌های دیگر جایگزین گردد. در مواردی که ضخامت لکه نفتی زیاد است، منسوج با آب تماسی پیدا نکرده و آبی جذب منسوج نمی‌شود.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از قطب علمی هویت‌یابی نوین در نساجی که قسمتی از هزینه‌های این تحقیق را متقبل نمود، تشکر و قدردانی می‌گردد.

اما در مورد مایع روغنی با ویسکوزیته خیلی بالا، ریزش مایع در این مدت زمان به پایان نمی‌رسد که علت آن طولانی‌تر بودن زمان رسیدن به تعادل بین نیروهای نگهدارنده مایع در درون منسوج (نیروهای موئینگی) و نیروهای جداکننده مایع از منسوج (نیروی گرانش زمین در اثر وزن مایع) می‌باشد.

به صورت نظری وقتی جسم جامدی در مخلوطی از دو مایع غیرقابل امتزاج مانند آب و نفت قرار می‌گیرد، تمایل به جذب مایعی که مجاور جسم قرار گرفته بستگی به ساختار شیمیایی جسم و مایع، که نیروهای بین مولکولی را تعیین می‌نماید، دارد. با توجه به اینکه الیاف طبیعی و پلیمرهای معمول در ساخت الیاف، حداکثر جذب مولکولی محدودی دارند، لذا عمده مایعات نگهداشته شده توسط این منسوجات ناشی از جذب سطحی و نیروهای موئین<sup>۱</sup> وارده از الیاف به مایعات خواهد بود. این صورت مشخصه‌هایی مانند کشش سطحی مایع، زوایای تماس مایعات و جسم جامد و سطح مخصوص جسم جامد (الیاف) اهمیت فراوانی در تعیین نیروهای وارده از الیاف به مایع دارند [۱۶]. لذا برای بی‌بافت‌های پلی‌استری از الیاف معمولی و توخالی، اگر زوایای تماس، کشش سطحی و ویسکوزیته مایع نفتی را در هر دو حالت یکسان در نظر بگیریم، بی‌بافت‌های الیاف توخالی به علت سطح مخصوص بیشتر الیاف، باید بتوانند مایعات نفتی بیشتری را به علت وارد آوردن نیروهای موئین بیشتر و جذب سطحی بیشتر، به خود جذب نمایند.

با توجه به اینکه زوایای تماس آب با این نوع الیاف (۷۲-۷۸ درجه) خیلی بیشتر از زوایای تماس مایعات نفتی با الیاف (۳۵-۴۲ درجه) است، لذا پس از قرارگیری الیاف در سطح مشترک آب و نفت، مایعات نفتی نسبت به آب از قابلیت پخش شوندگی بهتری بر روی الیاف برخوردارند. لذا مایعات نفتی راحت‌تر و سریع‌تر بر روی سطح الیاف پخش می‌شوند. همچنین به دلیل زاویه تماس کمتر مایعات نفتی، این مایعات توسط نیروهای موئینگی، قوی‌تر و به میزان خیلی بیشتری به داخل منسوج کشیده می‌شوند.

شایان ذکر است که قابلیت پخش شدن مایع نفتی در سطح

### علائم و نشانه‌ها

- $m_1$ : جرم کل نمونه پس از ریزش گرم (gr)
- $m_{10}$ : جرم آب جذب شده توسط نمونه گرم (gr)
- $OS$ : مقدار جذب مایعات نفتی بدون واحد (gr/gr)
- $m_0$ : جرم اولیه نمونه منسوج گرم (gr)

### مراجع

- [۱]. زینالی هریس س.، محمد پورکاریزکی و.، بررسی روش‌های جمع‌آوری، حذف و پاکسازی آلودگی‌های نفتی از دریا، اولین همایش ملی تأمین، نگهداشت، انتقال و توزیع فرآورده‌های نفتی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، ۱۳۸۸.
- [2]. Clark R. B., Frid C. and Attrill M., *Marine pollution*, 4<sup>th</sup> edition, oxford university press, 1997.
- [3]. Choi H. M. and Kwon H. J., Cotton nonwovens as oil spill cleanup sorbents, *Textile Res. J.*, Vol.63, No.4, pp. 211-218, 1993.
- [4]. Teas C., Kalligeros S., Zankos F., Stournas S., Lois E. and Anastopoulos G., "Investigation of the effectiveness of absorbent materials in oil spill cleanup", *Desalination*, Vol.140, pp. 259-264, 2001.
- [5]. Senanurakwarkul C., *A Comparative study of the efficiency of oil adsorption between pulp and polypropylene*, Master Thesis, Mahidol University, 2005.
- [6]. Radetic M., Ilic V., Radojevic D., Miladinovic R., Jovic D. and Jovancic P., "Efficiency of recycled wool-based nonwoven material for the removal of oils from water", *Chemosphere*, Vol. 70, pp. 525-530, 2008.
- [7]. Said A., Ludwick A.G. and Aglan H. A., "Usefulness of raw bagasse for oil absorption: A comparison of raw and acylated bagasse and their components", *Bioresource Technology*, Vol. 100, pp. 2219-2222, 2009.
- [8]. Rengasamy R. S., Das D. and Karan C.P., "Study of oil sorption behavior of filled and structured fiber assemblies made from polypropylene, kapok and milkweed fibers", *Journal of Hazardous Materials*, Vol.186, No.1, pp. 526-532, 2010.
- [9]. Fingas M. and Charles J., *The basics of oil spill cleanup*, 2<sup>nd</sup> edition, Lewis Publishers, 2001.
- [10]. American Society for Testing and Materials. Standard test method for Mass unit area of nonwoven fabrics. ASTM D6242-1998.
- [11]. American Society for Testing and Materials. Standard test method for Thickness of nonwoven fabrics. ASTM D5729-1997.
- [12]. American Society for Testing and Materials. Standard test method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method). ASTM D5035-2003.
- [13]. American Society for Testing and Materials. Standard test method for Sorbent performance of adsorbents. ASTM F726-1999.
- [14]. American Society for Testing and Materials. Standard test method for Water in crude oil by distillation. ASTM D4006-1981.
- [15]. American Society for Testing and Materials. Standard specification for Apparatus for determination of water by distillation. ASTM E123-1978.
- [16]. Morton W. E. and Hearle J. W. S., *Physical Properties of Textile Fibers*, the Textile Institute, London, 2005.