



بررسی اثر پرزینگی ساختمان نخ بر راندمان جمع آوری مه با الهام از گیاه کتولافلاکس

عطیه الماسی^۱/هوشنگ نصر تی^۱/سید ابوالفضل میردهقان^۱

چکیده

با افزایش مشکل کم آبی در جهان، روش‌های غیرمتداول در تامین آب مانند جمع‌آوری قطرات مه، راه حلی برای تامین بخشی از آب مورد نیاز انسان‌ها بوده است. در این میان ساختارهای جمع‌آوری کننده مه با الهام از طبیعت می‌توانند نقش مهمی در افزایش راندمان جمع‌آوری مه داشته باشند. در این مطالعه با الهام از گیاه کتولافلاکس، نخ‌های فانتزی پرزین در فرآیند جمع‌آوری مه به کار گرفته شد و تاثیر حضور الیاف پرز بر راندمان جمع‌آوری مه بررسی شد. نتایج حاصل از آزمایشات حاکی از آن است که حضور الیاف پرز در سطح نخ، بدون آنکه تاثیر معناداری بر راندمان آیرودینامیک داشته باشد، راندمان دریافت قطرات را افزایش می‌دهد ولیکن حضور این الیاف به دلیل نگه داشتن قطرات جمع‌آوری شده بر سطح نخ موجب افزایش پدیده انسداد و کاهش راندمان انتقال می‌شود که این موضوع به ویژگی‌های الیاف پرز شامل ظرافت، طول، تراکم و نحوه قرارگیری آنها وابسته است.

رو تلاش‌هایی در جهت بهبود کارایی ساختارهای الیافی مورد استفاده در جمع‌آوری مه صورت گرفته است که از این میان می‌توان به مطالعات انجام شده در زمینه تاثیر خصوصیات ترشوندگی الیاف شکل سطح مقطع و ظرافت الیاف، هندسه بافت و آرایش الیاف در مش بر راندمان جمع‌آوری مه اشاره کرد. همچنین بسیاری از محققین، به کارگیری ساختارهای الهام گرفته شده از طبیعت را برای غلبه بر مشکلات مش‌های جمع‌آوری کننده پیشنهاد داده‌اند.

شی و همکارانش برای غلبه بر مشکل انسداد و افزایش راندمان جمع‌آوری قطرات در مش‌های الیافی، ساختارهای رشته‌ای را مورد استفاده قرار داده‌اند.

در این ساختار، الیاف به صورت منفرد و بدون آنکه در تماس با یکدیگر باشند، به صورت عمودی در مسیر عبور جریان مه نصب می‌شوند. تعداد لایه‌ها و فواصل رشته‌ها بر راندمان جمع‌آوری مه تاثیرگذار بوده و در مطالعه انجام شده توسط کوالسکی و



نواحی مختلف به کار گرفته شده است.

متداول‌ترین روش جمع‌آوری مه، استفاده از توری‌های الیافی راشل و نصب آنها در مسیر عبور جریان مه به منظور جداسازی قطرات از جریان مه است ولیکن به کارگیری این ساختارهای لیفی با محدودیت‌هایی مانند راندمان کم، وابستگی راندمان به سرعت جریان باد و کاهش کارایی ساختار در اثر بروز پدیده انسداد مواجه است. از این

۱-مقدمه

بروز بحران آب در سال‌های اخیر بسیاری از محققین را بر آن داشته است تا روش‌های مختلفی را برای استحصال مه از جو مورد بررسی قرار دهند. از این میان جمع‌آوری قطرات مه در نواحی با وقوع پدیده مه زیاد، از جمله روش‌هایی محسوب می‌شود که به دلیل سادگی، در دسترس بودن تجهیزات و هزینه اندک مورد توجه بسیاری قرار گرفته و در



همکارانش به بهینه‌سازی این عوامل، به منظور افزایش راندمان جمع‌آوری مه پرداخته شده است. در این مقاله با توجه به مزایای ساختارهای رشته‌ای در جمع‌آوری مه نسبت به ساختار شبکه‌های لیفی و با الهام از ساختار سه بعدی و سلسله مراتبی گیاه کتولافلاکس نخ‌های فانتزی پرزدار به کار گرفته شد.

بر اساس مطالعات انجام شده تاکنون مطالعه‌ای در زمینه تاثیر حضور الیاف پرز در ساختار جمع‌آوری‌کننده بر میزان جمع‌آوری قطرات مه صورت نگرفته است لذا در این پژوهش برای نخستین بار نخ‌های فانتزی پرزدار به عنوان جمع‌آوری‌کننده مه به کار گرفته شد.

۲- مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه کارایی نخ‌های پرزدار در جمع‌آوری مه، دو نخ فانتزی پرزین از جنس اکریلیک (با نام تجاری یوموش و سوزنی) از بازار تهیه و آزمایش شد.

بخش مرکزی این دو نخ دارای ساختاری مشابه بوده ولیکن پرزهای قرار گرفته بر روی آنها از نظر ظرافت، طول، تراکم و نحوه قرارگیری بر سطح نخ از یکدیگر متفاوت هستند.

در نمونه ۱ (نخ یوموش) هر دسته الیاف پرز شامل مولتی فیلامنت‌هایی با تاب کم هستند که به صورت آرایش یافته در یک جهت درون ساختار نخ قرار داده شده‌اند.

در حالی که الیاف پرز در نمونه ۲ (نخ سوزنی) به صورت مونوفیلامنت‌هایی است که آرایش خاصی نداشته و طول و تراکم کمتری نسبت به نمونه ۱ دارد.

به منظور ارزیابی عملکرد این دو نمونه، میزان آب جمع‌آوری شده و زمان سقوط اولین قطره این دو نمونه نخ پرزین با مش راشل، که به صورت متداول در مطالعات جمع‌آوری مه مورد استفاده قرار می‌گیرد، مقایسه شد.

برای انجام آزمایشات، نمونه نخ‌ها با طول ۶ متر، بر روی پایه به ارتفاع ۳۰ سانتیمتر در فواصل ۷ میلی‌متر از یکدیگر و به صورت دو لایه به فاصله ۱

سانتی‌متر، پیچیده شد.

آزمایشات در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد، انجام شد. قطرات مه با استفاده از دستگاه رطوبت‌ساز آلتراسونیک ساخت شرکت ایران سان لایت مدل Z1200، با نرخ تولید قطره ۳/۵ لیتر در ساعت تولید شد.

نمونه‌ها در فاصله حدود ۵۰ سانتیمتر از خروجی دستگاه رطوبت‌ساز قرار داده شد و رفتار دریافت و انتقال قطرات در مدت زمان ۳۰ دقیقه برای هر دو نمونه، مورد بررسی قرار گرفت.

مدت زمان لازم برای سقوط اولین قطره، آب جمع‌آوری شده توسط دو نمونه و مقدار آب باقیمانده بر روی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد.

۳- نتایج

مطالعه راندمان جمع‌آوری مه در ساختارهای لیفی مستلزم مطالعه همزمان راندمان آیرودینامیک (η_{ace})، راندمان دریافت قطرات (η_{cap}) و راندمان انتقال قطرات (η_{dra}) است

$$\eta = \eta_{ace} \eta_{cap} \eta_{dra}$$

در این بخش تاثیر پرزینگی نخ بر جمع‌آوری مه مورد بررسی قرار گرفته است.

۳-۱- تاثیر پرزینگی نخ‌ها بر راندمان آیرودینامیک

راندمان آیرودینامیک بیانگر نسبت قطرات مایع موجود در جریان مه که به سمت الیاف ساختار تجمع‌کننده حرکت می‌کند، به کل قطرات مایع در حال حرکت به سمت ساختار تجمع‌کننده در دور دست است.

با توجه به این تعریف راندمان آیرودینامیک تحت تاثیر شکل کلی ساختار و میزان نفوذپذیری (ضریب افت فشار جریان) ساختار لیفی است.

حضور الیاف انعطاف‌پذیر در ساختار جمع‌آوری‌کننده مه موجب ایجاد تغییرات جزئی در ضریب افت فشار می‌گردد زیرا این پرزها به دلیل آنکه دارای یک سر آزاد هستند، در اثر عبور جریان مه تغییر شکل داده و مقاومت کمی در برابر عبور

جریان مه از خود نشان می‌دهند.

این موضوع تغییرات ضریب افت فشار در اثر حضور الیاف پرز را کاهش داده و بنابراین تغییرات ایجاد شده در راندمان آیرودینامیک نیز معنادار نخواهد بود.

۳-۲- تاثیر پرزینگی نخ‌ها بر راندمان دریافت

راندمان دریافت قطرات در ساختارهای لیفی تابعی از عدد استوکس است.

$$St = 4\pi r^2 V / \mu d$$

در این رابطه p ، جرم حجمی آب، r شعاع قطرات مه، V سرعت جریان، μ ویسکوزیته هوای حامل قطرات و d قطر لیف قرار گرفته در مسیر حرکت ذرات است. با افزایش عدد استوکس احتمال دریافت قطرات توسط ساختار افزایش پیدا می‌کند. بر اساس رابطه ۲، با کاهش قطر الیاف، راندمان دریافت قطرات افزایش پیدا میکند؛ بنابراین حضور الیاف پرز که مونوفیلامنت‌هایی با ظرافت زیاد هستند، سبب می‌گردد تا راندمان دریافت به میزان قابل توجهی افزایش یابد. علاوه بر آن پرزهای موجود در سطح نخ، موجب افزایش فاکتور پوشاندگی ساختار جمع‌آوری‌کننده مه و سطح موثر دریافت قطرات می‌گردد.

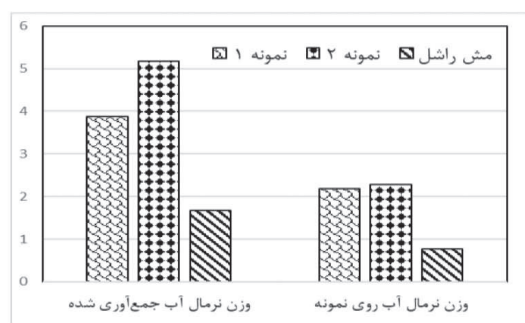
در شکل ۱ تصویری از جمع‌آوری مه توسط دو نمونه نخ مورد بررسی و مش راشل نشان داده شده است.

در شکل ۲ مقدار آب جمع‌آوری شده و میزان آب باقی مانده بر دو نخ پرزین و مش راشل، با یکدیگر مقایسه شده است.

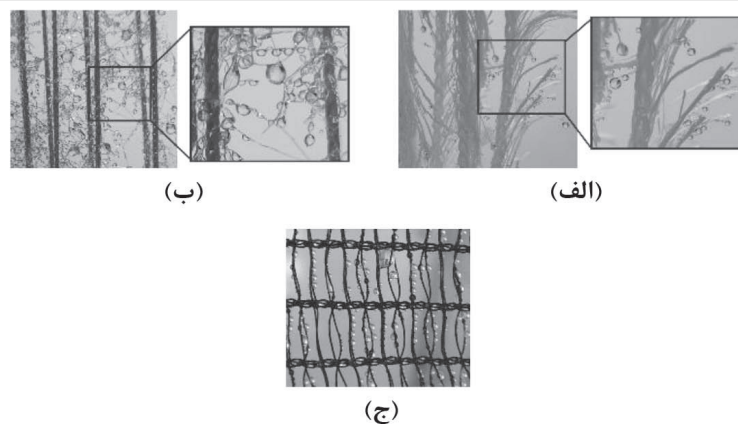
بر اساس این نمودار نسبت آب جمع‌آوری شده توسط ساختار به وزن آن، در نمونه شماره ۲، حدود ۳ برابر مش راشل و در نمونه شماره ۱ حدود ۲/۳ برابر مش راشل است.

این تفاوت معنادار در میزان آب جمع‌آوری شده در دو نمونه نخ پرزین و مش راشل را می‌توان به حضور پرزها در سطح نخ نسبت داد.

همچنین این نسبت در نمونه شماره ۲ تقریباً ۱/۳



شکل ۲. مقایسه آب جمع‌آوری شده و آب باقی مانده بر نمونه‌ها



شکل ۱. (الف) نمونه ۱ (ب) نمونه ۲ (ج) مش راسل

شماره ۱ و ۲ تقریباً با یکدیگر برابر است ولی ویژگی‌های متفاوت الیاف پرز در این دو ساختار سبب گردیده تا رفتار متفاوتی در انتقال قطرات داشته باشند.

۴- نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این پژوهش، الیاف پرز قرار گرفته بر سطح نخ، می‌تواند نقش موثری در افزایش جمع‌آوری قطرات مه داشته باشد. به کارگیری نخ با پرزهای انعطاف‌پذیر در ساختار جمع‌آوری کننده مه، فاکتور پوشاندگی و سطح موثر دریافت قطرات را بدون تغییر معنادار در ضریب افت فشار جریان و راندمان آیرودینامیک افزایش می‌دهد. علاوه بر آن ظرفیت بالای پرزها سبب افزایش راندمان دریافت قطرات می‌شود ولیکن در هر دو ساختار مورد بررسی حجم قطرات نگهداری شده توسط پرزها در مقایسه با سایر ساختار مش راسل زیاد بوده و راندمان انتقال کمتری دارند. ظرفیت، طول پرزها، تراکم و نحوه قراگیری پرزها نسبت به یکدیگر مهمترین عوامل تعیین کننده راندمان انتقال قطرات در دو ساختار مورد بررسی محسوب می‌شود و با طراحی مناسب نخ‌های پرزدار جهت به کارگیری در ساختارهای جمع‌آوری کننده مه، می‌توان میزان جمع‌آوری آب را به میزان قابل توجه افزایش داد.

پی‌نوشت:

۱- دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

در نمونه شماره ۱، دسته پرزهای ادغام شده با یکدیگر، در دو راستای آرایش یافته‌اند. دسته پرزهایی که به سمت بالا قرار گرفته‌اند، قطرات دریافت شده را به بدنه اصلی نخ انتقال داده و در ظرف جمع‌آوری آب انباشته می‌شود.

در نمونه شماره ۱ آغاز فرآیند جمع‌آوری مه (سقوط اولین قطره) حدود ۱۲ دقیقه طول می‌کشد که این مقدار حدود ۷ دقیقه کوتاه‌تر از نمونه شماره ۲ و حدود ۳ دقیقه کوتاه‌تر از مش راسل است. همچنین در نمونه شماره ۱، آب باقیمانده بر سطح نخ در اثر نیروی موینگی بین حفرات پرزها و بدنه نخ نفوذ می‌کند و از این رو پدیده انسداد در ساختار کمتر دیده می‌شود.

در نمونه شماره ۲، قطرات دریافت شده توسط الیاف پرز، در اثر ادغام با قطرات دیگر شروع به رشد کرده و به قطرات بزرگتری تبدیل می‌شوند. این قطرات در نواحی که الیاف به یکدیگر نزدیکتر هستند، توسط دو یا چند لیف نگه داشته می‌شود و سبب بروز پدیده انسداد موضعی ساختار می‌گردد. در حالی که در نواحی که فاصله الیاف از یکدیگر زیادتر است، بزرگ شدن قطرات سبب می‌گردد تا الیاف در اثر نیروی وزن قطره اندکی به سمت پایین جابجا شده و قطره به الیاف پایینی نزدیکتر شود. در این حالت ممکن است قطره در تماس با سایر الیاف قرار گیرد و مانند حالت قبل بر روی سطح باقی بماند و یا آنکه تا غلبه نیروی وزن بر نیروی چسبندگی قطره بر سطح لیف باقی بماند.

اگرچه میزان آب باقیمانده بر سطح دو نخ پرزین

برابر نمونه شماره ۱ است. زیرا در نمونه شماره ۱ به دلیل آنکه الیاف پرز تقریباً به صورت موازی و در فاصله کمی از هم قرار دارند، در اثر دریافت قطرات به یکدیگر متصل شده و تشکیل مجموعه‌ای از پرزها را می‌دهد.

این مجموعه، قطر بزرگتری نسبت به مونوفیل‌مانت‌ها داشته و موجب کاهش راندمان دریافت قطرات می‌شود. در حالی که در نمونه شماره ۲ به دلیل حضور الیاف پرز با ظرفیت زیاد، قطرات بسیار کوچک نیز قابل دریافت است.

۳-۳- تاثیر پرزینگی نخها بر راندمان انتقال

ساختارهای جمع‌آوری کننده مه، بایستی توانایی انتقال سریع قطرات را داشته باشند تا از بروز پدیده انسداد در آنها جلوگیری شود و قطرات جمع‌آوری شده فرصت بازگشت مجدد به جریان هوا را نداشته باشند.

نخ‌های پرزین مورد بررسی در این تحقیق، علیرغم عملکرد مناسب در راندمان آیرودینامیک و راندمان دریافت، راندمان انتقال مطلوبی ندارند و همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، میزان آب باقی مانده بر روی دو نخ پرزدار، که معیاری از راندمان انتقال محسوب میشود، حدود سه برابر نمونه پارچه راسل است. علت این موضوع را نیز میتوان به حضور پرز در سطح نمونه نسبت داد.

دو نمونه نخ مورد بررسی، با توجه به خصوصیات پرزهای قرار گرفته بر سطح آنها رفتارهای متفاوتی را در انتقال قطرات از خود نشان می‌دهند.