

# بررسی طراحی و ساخت Arealometer به منظور اندازه گیری رسیدگی و ظرافت الیاف پنبه

امیر حسین صالحی<sup>۱\*</sup>، حامد قضاتی<sup>۲</sup>، ناهیدانصاری<sup>۳</sup> و وجیهه ملکی<sup>۴</sup>

- ۱- کارشناس ارشد شیمی نساجی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- ۲- کارشناس شیمی نساجی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- ۳- استادیار و عضو هیات علمی دانشکده نساجی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- ۴- مربی و عضو هیات علمی دانشکده نساجی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

## چکیده

از مشخصه های مهم الیاف پنبه ظرافت و رسیدگی آن می باشد، اندازه گیری سریع و دقیق این مشخصه ها در صنعت نساجی حائز اهمیت می باشد.

هدف از این تحقیق طراحی سیستمی است که دو کمیت فوق را که وابسته به سطح مخصوص الیاف پنبه است اندازه گیری نماید. اندازه گیری بر مبنای عبور هوا به عنوان سیال از بستر جامد متخلخل شامل الیاف با فشردگی های متفاوت است. پس از طراحی و ساخت، دستگاه با نمونه های الیاف با ظرافت و رسیدگی معین کالیبره گردید. سپس نمونه های پنبه مجهول مورد بررسی قرار گرفت و نتایج تجربی سطح مخصوص بدست آمده از دستگاه با نتایج حاصل از دستگاه های میکرونر و میکروسکوپ پروژکتینا برای همان نمونه مقایسه گردید.

واژگان کلیدی: ظرافت، رسیدگی، بستر الیاف، نفوذ هوا

## مقدمه

الیاف پنبه به عنوان یک لیف سلولزی طبیعی دارای خصوصیات متفاوتی است که از جمله آنها می توان به زیر دست نرم و راحت، قابلیت جذب بالا، رنگ پذیری و ثبات رنگ بالا، قابلیت چاپ جذب و قابلیت کاربرد آسان که خود موجب استفاده از پارچه های پنبه ای در مصارف گوناگون مثل لباسهای شنا، ورزشی و ... شده است [۱].

در مورد الیاف پنبه، علاوه بر ظرافت، رسیدگی نیز یکی دیگر از پارامترهای مهم جهت ریسندگی این الیاف می باشد. از این رو تا کنون تحقیقات مهم و وسیعی جهت طراحی و ساخت دستگاه های متفاوت برای اندازه گیری این دو پارامتر صورت گرفته که از آن جمله می توان به میکرونر برای سنجش ظرافت و میکروسکوپ پروژکتینا و HVI جهت سنجش رسیدگی اشاره کرد [۲].

اساس دستگاههایی مثل میکرونر و arealometer بر پایه جریان هوا و عبور آن از بستر متخلخل پنبه است که پیدایش آن بر اساس اندازه گیری سطح مخصوص الیاف از فرمول kozeny می باشد [۳].

وقتی که مایع یاگازی تحت سرعت کم حاوی ذرات جامد عبور کند به شرطی که ذرات جامد حرکت نکنند، فشار جریان سیال پس از عبور از طول بستر دچار افت می شود که این افت فشار به ضریب شکلی بستر که در بهترین حالت ذرات کروی در نظر گرفته می شوند، وابسته است و همان طور که مشخص است ضریب شکلی نیز خود به سطح مخصوص اجسام وابسته است.

\* [amir\\_salehi\\_k@hotmail.com](mailto:amir_salehi_k@hotmail.com)

poiseaille ارتباط جریان هوا و عبور آن از سطوح متخلخل با سطح بیرونی ذرات را اصلاح کرد، به این صورت که حجم و سطح ذرات در افت فشار بسیار مؤثر است، بر طبق این نظریه، kozeny رابطه ۱ را برای ارتباط دبی عبوری با فشار را بیان نمود:

$$Q = Ka\Delta P \varepsilon^3 / \mu A^2 L (1 - \varepsilon)^2 \quad \text{رابطه ۱} :$$

در رابطه ۱،  $Q$  دبی عبوری سیال،  $L$  طول بستر،  $\Delta P$  اختلاف فشار در طول لوله،  $\varepsilon$  ضریب تخلخل محیط،  $\mu$  ویسکوزیته سیال،  $A$  مساحت سطح مقطع در دسترس برای عبور سیال است. هرتل [۴] نشان داد که  $k$  در رابطه ۱ به عنوان ضریب شکلی شناخته شد، هم به فاکتور شکل و هم به ضریب آرایش یافتگی در مورد الیاف پنبه بستگی دارد و این رابطه تجربی را بدست آورد،  $K = \zeta / k^\circ$  که در آن  $k^\circ$ ، فاکتور شکل و  $\zeta$  ضریب آرایش یافتگی است، که البته  $k$  از فرمول اصلی طبق آنچه قبلا بیان شد، قابل محاسبه است.

بر اساس تئوریهای بیان شده و اینکه با تغییر طول بستر الیاف می توان دو نوع سطح مخصوص را بدست آورد سیستم Arealometer طراحی و ساخته شد که پایه گذاری آن نیز از دستگاهی بود که هرتل طراح آن بود [۴-۶].

چنانچه الیاف در یک سیلندر با طول ثابت قرار گیرد و جریان هوا از میان آن عبور کند یک بستر کاتالیستی حاصل از الیاف ایجاد می شود که باعث افت فشار هوای عبوری می گردد. چنانچه جریان با سرعت کم از بستر عبور کند و ذرات بستر نیز به اندازه کافی کوچک باشند و در عین حال در اثر عبور جریان حرکت نکنند، یک جریان لایه ای خواهیم داشت. فشار در طی عبور از بستر، افت پیدا می کند در این شرایط اگر گردان سرعت را بالا ببریم، افت فشار افزایش پیدا می کند. اگر طول بستر و مکان ذرات بستر تغییر نکند، گاهی هنگام عبور جریان سیال، بستر کمی منبسط می شود. انبساط حاصله باعث افزایش فضای خالی میان بستر ( $\varepsilon$ ) شده و در نتیجه باعث افزایش سرعت عبور سیال از بستر ( $V^\circ$ ) میشود. و از آنجایی که  $V = V^\circ / \varepsilon$  و نسبت افزایش این دو تقریباً مشابه و وابسته به هم است،  $V$  ثابت شده و  $\Delta P$  در طول آزمایش ثابت می ماند. این پدیده عملاً در یک سیستم جریان هوا در arealometer صورت می گیرد در حالی که در میکرونر عملاً این پدیده وجود ندارد، بنابراین کل آزمایش با افزایش طول بستر و حالت سیالیت (fluidization) همراه است و نتیجه آن ثابت ماندن اختلاف فشار در قبال دبی حجمی ( $Q$ ) است یا به عبارت دیگر مقاومت الیاف برابر است با: [۳]

$$R = \Delta P / Q, \quad Q = V * A \quad \text{رابطه ۲} :$$

در این تحقیق با توجه به نظریه های محققین که در بالا ذکر گردید دستگاهی طراحی شد تا سطح مخصوص الیاف که با رسیدگی و ظرافت الیاف مرتبط است مورد بررسی و اندازه گیری قرار گیرد.

## تجربیات

### ساخت دستگاه

بر طبق تئوری های بیان شده دستگاهی طراحی شد که شامل قسمتهای زیر است:

(الف) ساختار شیشه ای

(ب) سیلندر و پیستون

(ج) ساختار بدنه (structure)

نمای دستگاه در شکل ۱ مشاهده می شود:

قسمت اصلی ساختار شیشه ای ، قسمتهای A,B,D,E شامل چهار لوله موئین می باشند. مقاومت لوله های موئین به دو عامل قطر داخلی و طول لوله بستگی دارد. مقاومت بیان شده به منزله یک مقاومت اهمی در برابر جریان الکتریسیته عبوری از آن می باشد. در حالی که مقاومت بیان شده در لوله های ساده ، مقاومت در قبال فشار عبوری و نقطه شکست لوله می باشد . این نوع از مقاومتها هم البته برای لوله های موئین بسیار مهم است و به وسیله پارامتری که به صورت تفاضل قطرهای داخلی و خارجی آن مشخص می شود ، بیان می شود.

دو مقاومت خروجی یعنی D مقاومتهای معادل شونده با الیاف است. از طریق حدس و خطا لوله های موئین با قطر داخلی  $0.8 \text{ mm}$  و طول  $10 \text{ cm}$  استفاده شد. سیلندر نیز از جنس برنج ساخته شد و جنس پیستون ، تفلون در نظر گرفته شد چراکه تفلونها ضریب اصطکاک کمی با برنج دارند و همچنین ضریب سختی آنها در ارتباط با فلزات بالا می باشد.

اساس ساختار این دستگاه پل وتستون است . همانطور که در شکل مشخص است ، دو لوله A و B دارای مقاومت یکسان هستند . هوا از منبع تغذیه با فشاری برابر  $20 \text{ mbr}$  ، وارد لوله های A و B می شود . هوایی که از لوله B عبور می کند به اتمسفر راه دارد و جریان لوله A به مخزن الیاف منتهی می شود . پل وتستون دارای دو مقاومت یاد شده و مقاومتهای D و E است که این مقاومتها نیز باید با هم برابر باشند. جریان هوا از لوله D وارد اتمسفر از جهت E وارد لوله ای که متصل به شیر است ، می شود .

از طرف دیگر جریان هوا وارد لوله C یا همان مخزن الیاف می شود ، جریان هوا در اثر عبور از مخزن الیاف دچار افت فشار می شود که میزان آن توسط مانومتر مشخص می گردد. در این حالت مقاومتی که الیاف در برابر هوا ایجاد می کند با مجموع مقاومتهای استاندارد و تعیین شده در D و E برابر می شود . طول توده الیاف به گونه ای باید باشد که وقتی فشار عبوری از توده الیاف ثابت شد بتواند سطح مخصوص را اندازه گیری نماید.

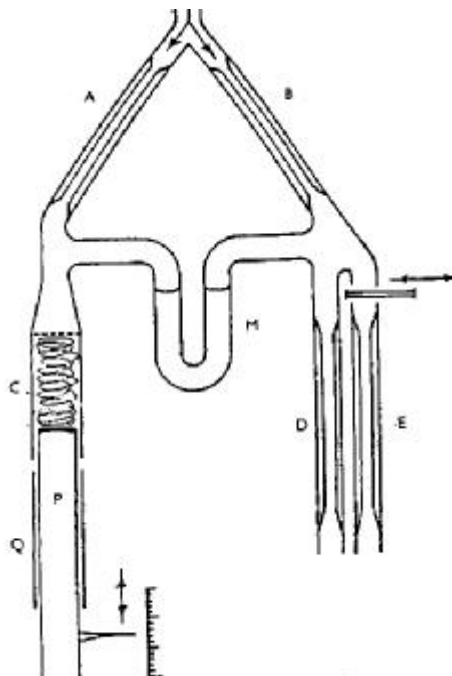
همانطور که بیان شد مقاومت E می تواند در مدار باشد یا نباشد ، چنانچه شیر بسته باشد ، D به تنهایی داخل مدار است ، پس سیستم در سطح بالاتری از مقاومت قرار داده شده است ، لذا در محفظه الیاف باید فشردگی بیشتری در توده الیاف موجود باشد تا مقاومت الیاف با مقاومت لوله های موئین برابر شود.

محفظه C حاوی یک پیستون تفلونی است که قطر آن  $8 \text{ mm}$  میباشد . این پیستون در اثر فشار عبوری از توده الیاف به سمت جلو حرکت کرده و روی درجه ای از نمایشگر قرار می گیرد که سطح مخصوص را نشان می دهد.

در قسمت ورودی سیلندر یک بخش مشبک وجود دارد که خروجی لوله شیشه ای در C به این قسمت وصل می شود . حالت مشبک روی بخشی از پیستون هم ایجاد شده تا پیستون به حالت یکنواخت و به میزان کافی بیرون برود . آنچه از روی نمایشگر به طور مستقیم خوانده می شود سطح مخصوص است که بر حسب

تفاوت در سطوح آن میزان مقاومت پیستون حرکت می کند آب در دو رسد تا مقاومت الیاف با مقاومت

به ترتیب از دستگاههای میکرونر و آن ظرافت برحسب  $\mu\text{g/in}$  و درجه



مانومتر  $M$  ، حاوی آب است که در لوله را نشان می دهد . وقتی که سطح مانومتر به حالت هم سطح می لوله های D و E برابر شود.

### مشخصات نمونه ها

برای محاسبات ظرافت و رسیدگی میکروسکوپ پروژکتینا استفاده شد که در رسیدگی بدست آمد .

شکل ۱: نمایی ساده از دستگاه Arealometer

درجه رسیدگی برای الیاف کاملاً رسیده ۱/۲ و برای پنبه های کاملاً نارس ۰/۲ است. بدین ترتیب با داشتن مقدار ضریب رسیدگی ( $\theta$ ) ، ضریب ناری ( $I$ ) از رابطه ۳ محاسبه شد :

$$I = 1/\theta \quad \text{رابطه ۳}$$

نتایج بدست آمده از آزمایشهای فوق در جدول ۱ آمده است .

### روش آزمایش و اندازه گیری

جهت آزمایش یک نمونه از الیاف پنبه به وزن  $0.152 \text{ g}$  و دانسیته  $1 \text{ g/cm}^3$  تهیه شد و بوسیله پنس به حالت موازی در آمد. این الیاف در دو حالت از فشردگی در محفظه الیاف قرار گرفتند ، در حالت اول ، الیاف به صورت کاملاً باز و نیز آرایش یافته ، که در این حالت نمایشگر سطح مخصوص اصلی الیاف را نشان می دهد و در حالت دوم که الیاف در آن به صورت کاملاً فشرده هستند نمایشگر دوم نوع دیگر از سطح مخصوص ( $S'$ ) را نشان می دهد.

جدول ۱: نتایج حاصل از میکرونر و میکروسکوپ پروژکتینا

شماره نمونه	عدد میکرونر	رسیدگی	
		رسیدگی	ناری
۱	۳/۴۵	۰/۶۹	۱/۴۵
۲	۳/۵۵	۰/۷۲	۱/۴۵

۳	۳/۶۵	۰/۶۶۵	۱/۵
۴	۳/۸	۰/۶۶۵	۱/۵
۵	۳/۸	۰/۶۱	۱/۶۴
۶	۳/۳	۰/۵۹	۱/۶۹
۷	۳/۲۵	۰/۶۴۵	۱/۵۵
۸	۳/۵	۰/۷۳۵	۱/۳۶
۹	۳/۵	۰/۸۳۵	۰/۱۹۷

با داشتن مقادیر عدد میکرونر و ضریب نارسی مقادیر سطح مخصوص و سطح مخصوص ثانوی قابل محاسبه است ، زیرا با سیستم عبور سیال از بستر جامد تنها مقدار سطح مخصوص را می توانیم اندازه گیری کنیم. دو نوع سطح مخصوص ( $S, S'$ ) را می توان از روابط ۴ و ۵ محاسبه نمود:

$$S^2 = 4369/H\theta \quad \text{رابطه ۴}$$

از معادله دیگر  $S'$  بدست می آید که نتایج محاسبه شده در جدول ۲ آمده است .

$$S' = S + (I^2 - 1)/0.07 \quad \text{رابطه ۵}$$

سطح مخصوص دوم با فرض  $S' > S$  بدست می آید ، در سطح مخصوص ثانویه فشردگی و در هم روی الیاف کاملاً مشهود است ، در حالی که  $L$  یا همان طول بستر نسبت به سطح مخصوص اول کاهش یافته است ولی هوا از یک بستر کاملاً فشرده که ضریب تخلخل آن بسیار پایین است عبور می کند و البته از یک مسیر پر پیچ و تاب ، که این مسیر باعث تشکیل سطح مجازی است .

## نتیجه گیری

نتایج حاصل از آزمایشات و نتایج حاصله از محاسبات انجام شده روی نتایج میکرونر و می.کروسکوپ پروژکتینا تا حدودی اختلاف داشت که می تواند به دلایل زیر رخ داده باشد :

- خطا در اندازه گیری رسیدگی با میکروسکوپ پروژکتینا ( خطای دید )
- خطا در اندازه گیری ظرافت الیاف با میکرونر (اختلاف نتایج در میکرونر مراکز تحقیقات)
- خطای دید در خواندن اعداد روی نمایشگر دستگاه ساخته شده
- کوتاه بودن پیستون و نداشتن تکیه گاه مناسب جهت خارج شدن از محفظه الیاف .

چنانچه منابع بیشتر با محدوده وسیعی از ظرافت و رسیدگی از الیاف پنبه در اختیار باشد و همچنین مقادیر رسیدگی و ظرافت این الیاف کاملاً استاندارد باشد ، می توان نتایج بهتر و دقیقتری از دستگاه بدست آورد. همچنین می توان ضریب تصحیحی بین نمونه های استاندارد و نتایج حاصله از دستگاه ، از طریق درون یابی نقاط برقرار کرد که باعث دقیقتر شدن نتایج حاصل از تجربیات می گردد.

جدول ۲ : مقایسه بین نتایج حاصله از تئوری و دستگاه Arealometer

شماره نمونه	نتایج حاصل از تئوری		نتایج حاصله از Arealometer		درصد اختلاف	درصد اختلاف
	S (cm <sup>-1</sup> )	S' (cm <sup>-1</sup> )	S (cm <sup>-1</sup> )	S' (cm <sup>-1</sup> )	S	S'
۱	۴۵۱/۱	۴۵۲/۳	۴۶۵	۴۷۰	%-۳/۰۸	%-۳/۰۹۱
۲	۴۴۱/۴	۴۴۲/۹	۴۲۵	۴۳۰	%۳/۷۲	%۲/۹۱
۳	۴۴۶/۶	۴۴۸/۴	۴۳۵	۴۴۰	%۲/۶	%۱/۸۷
۴	۴۳۸	۴۳۹/۹	۴۲۴	۴۳۵	%۳/۲	%۱/۰۹
۵	۴۵۷/۳	۴۵۹/۷	۴۷۰	۴۸۰	%-۲/۷۸	%-۴/۴۲
۶	۵۰۲	۵۰۴/۸	۵۰۰	۵۰۵	%۰/۴	%۰/۰۴
۷	۴۸۰/۶	۴۸۲/۹	۴۸۰	۴۸۵	%۰/۱۹	%-۰/۴۳
۸	۴۳۴/۱	۴۳۵/۳	۴۳۰	۴۴۰	%۰/۹۴	%-۱/۰۸
۹	۴۰۷/۲	۴۰۷/۸	۴۲۰	۴۳۰	%-۳/۱۴	%-۵/۴۴

تشکر و قدردانی :

بدین وسیله از قطب علمی نساجی کشور جهت کمک و یاری رساندن ما در انجام این پروژه و تقبل هزینه های این تحقیق، کمال تشکر را داریم .

## مراجع

- 1- Xiao Gao, Praveen Kumar Jangala, Cotton Fibers, 1998
- 2- Montalvo Joseph, Faught Sherman, "Analysis of Cotton Maturity & Fineness by Multiple NIR & HVI", Part II, 1998
- 3- Mc Cabe, Warren, "Unit Operation of Chemical Engineering", Mc Graw Hill, 1985
- 4- K. L. Hertel, C. J. Craven, Text. Res. J., 21, 1951, 756
- 5- W. E. Morton, S. Radhakrishnan, Text. Res. J. 61, 1954, T774
- 6- R. S. Krowiki, D. P. Thiobodeaux, Text. Res. J., 61, 1991, 309